

# ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának folyóirata

Alapítva  
1902

Szerkeszti

DÁNYI LÁSZLÓ

**105(1–2). kötet**



MAGYAR BIOLÓGIAI TÁRSASÁG  
Budapest

**2020**

# ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának folyóirata

**105(1–2). kötet**

MAGYAR BIOLÓGIAI TÁRSASÁG  
Budapest

**2020**

Szerkesztő – Editor

**DÁNYI LÁSZLÓ**

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross u. 13.

E-mail: laszlodanyi@gmail.com

Szerkesztőbizottság – Editorial Board

**Dévai György**

Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, 4010 Debrecen, Egyetem tér 1.

**Dózsa-Farkas Klára**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

**Farkas János**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

**Györffy György**

Szegedi Tudományegyetem, Ökológiai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2.

**Hornung Erzsébet**

Állatorvostudományi Egyetem, Ökológiai Tanszék, 1077 Budapest, Rottenbiller u. 50.

**Kontschán Jenő**

Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Állattani Osztály, 1525 Budapest, Pf. 102.

**Korsós Zoltán**

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross u. 13.

**Majer József**

Pécsi Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Ökológiai Tanszék, 7601 Pécs, Ifjúság útja 6.

**Vásárhelyi Tamás**

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross u. 13.

**Zboray Géza**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatszervezettani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

A kötet kéziratait lektorálták:

Bakonyi Gábor, Dombos Miklós, Forró László, Fuisz Tibor István, Gyurácz József, Hargitai Rita, Heltai Miklós, Horváth Győző, Kontschán Jenő, Samu Ferenc, Szinetár Csaba, Vig Károly, Winkler Dániel

*Az Állattani Közlemények* bejegyzett a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT)  
valamint a REAL J-ben és az EBSCO-ban archivált.

*Állattani Közlemények* is indexed in Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT)  
and archived in REAL J and EBSCO.

© Magyar Biológiai Társaság – Hungarian Biological Society, 1088 Budapest, Baross u. 13.

A kiadásért felel a Magyar Biológiai Társaság.

Az Állattani Közlemények megrendelhető a Magyar Biológiai Társaság címén.

ISSN 0002-5658



A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.

## A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ alapító állományának állattani témájú könyvei

SALLAI ÁGNES<sup>1\*</sup> és SZABÓ ÁDÁM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ, Szakinformatikai Osztály, 1051 Budapest, Arany János u. 1. \*E-mail: [sallai.agnes@konyvtar.mta.hu](mailto:sallai.agnes@konyvtar.mta.hu)

<sup>2</sup>Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ, Kézirattár és Régi Könyvek Gyűjteménye, 1051 Budapest, MTA Palota, Széchenyi István tér 9. E-mail: [szabo.adam@konyvtar.mta.hu](mailto:szabo.adam@konyvtar.mta.hu)

**Összefoglalás:** Az MTA Könyvtár és Információs Központ alapító állományának összeállítása a magyar tudománytörténet talán legjelentősebb családjának, a TELEKIEKNEK köszönhető. A család három egymást követő generációja egy nagyjából harmincezer kötetet számláló gyűjteményt alakított ki Pesten, amelyet TELEKI József (1790–1855) ajánlott fel az 1825–27-es országgyűlésen a frissen alapított Tudós Társaság számára, megvetve ezzel a Magyar Tudományos Akadémia könyvtárának alapjait. A bibliotéka természettudományos könyveinek feldolgozására korábban már több kutató is tett kísérletet, de a könyvállomány tételes feldolgozása, darabról darabra történő átvizsgálása csak nemrégiben történt meg. Ennek alapján közleményünkben az állattan témakörébe tartozó könyveket mutatjuk be.

Összesen 211 olyan mű (406 kötet) található az alapító állományban, amelyek témája egészben vagy részben állattani. Ennek ellenére mégis értékesnek mondható a gyűjtemény, ugyanis a TELEKIEK széles körű általános műveltséggel és kellően kiterjedt kapcsolati hálóval rendelkeztek ahhoz, hogy az európai kínálatból kiválasszák és megvásárolják a jelentős munkákat (amelyek a könyvpiacra más témákhoz képest csekélyebb számmal voltak jelen, mivel a zoológia tudománya ekkoriban még inkább csak kibontakozóban volt). A hazánkban kiadott, állattani témájú könyveket szinte teljes egészében beszerezték, a nemzetközi szakirodalomból pedig számos modernnek számító kiadvánnyal rendelkeztek olyan szerzők műveiből, akiket ma is az állattan történetének jeles alakjai között tartunk számon.

**Kulcsszavak:** TELEKI család, tudománytörténet

**Elfogadva:** 2019.09.26.

**Elektronikusan megjelent:** 2019.10.22.

### Bevezetés

Jelen tanulmány célja a Magyar Tudományos Akadémia könyvtárának alapító állományába tartozó állattani témájú könyvek bemutatása. A gyűjtemény természettudományi könyveivel eddig csak két kutató foglalkozott: SOMKUTI 1966-ban és 1967-ben, két részre bontott tanulmányában SZÉCHÉNYI FERENC könyvtárának (az Országos Széchenyi Könyvtár alapjául szolgáló gyűjteménynek) és a Teleki-állománynak a könyveit vette számba és vetette össze egymással (SOMKUTI 1966, 1967); CSANAK 1983-

ban, a koronaőr TELEKI JÓZSEFRől írt monográfiájában ismertette röviden az Akadémiai Könyvtár alapjául szolgáló pesti Teleki-könyvtár állományát, kitérve annak természettudományos részére is, továbbá 2001-ben a teljes alapító állomány kialakulásáról és tartalmáról írt (CSANAK 1983, 2001). A monográfia azonban értelemszerűen csak a könyvtár akkori állapotát vette figyelembe, a második munka pedig a gyűjtemény története mellett csupán vázlatosan szólt a könyvállomány összetételéről. SOMKUTI két tanulmánya kifejezetten a természettudományra koncentrált, a munka mindazonáltal nem hibátlan, mivel a Teleki-könyvtár egészéről nem állt rendelkezésre semmilyen lista vagy egyéb segédlet, amelyből kiindulva a teljesség igényével lehetett volna vizsgálni az állományt; így fordulhatott elő, hogy SOMKUTI tanulmánya több esetben olyan szerzők és művek meglétét hiányolja, amelyek valójában részét képezték az állománynak, csak az általa használt (és az állománynak csupán egy részét tartalmazó) listán nem szerepelnek, például NICOLAUS JOSEPH VON JACQUIN, GEORGES CUVIER, RENÉ ANTOINE FERCHAULT DE RÉAUMUR munkái. Mára azonban megtörtént a Teleki-gyűjtemény alaposabb rekonstrukciója, így a teljes, mintegy harmincezer kötetnyire rúgó lista ismeretében immár nagyobb biztonsággal lehet megállapításokat tenni a TELEKIEK állattani témájú könyvállományára vonatkozóan (SALLAI & SZABÓ 2018).

## Módszerek

A könyvlista összeállításánál kezdő időhatárként – a tudománytörténet álláspontjához igazodva – a 16. század közepét állapítottuk meg, amikor Európában a mai értelemben vett természettudományos szemlélet kezdte átvenni a természetismeret helyét (BAKONYI & BAKONYI 2017), a végpontot pedig az 1863-as év jelenti, amikor a könyvtárba bekerülő könyveken utoljára tüntették fel a TELEKIEKHEZ köthető eredetet. Az állomány túlnyomó többségét 18. századi kiadványok teszik ki, mivel a könyvtár összeállítása főleg erre az időszakra esett, a 19. században már kevesebb példánnyal gyarapodott; ennél korábbi, 16–17. századi művek csak kis számban, kivételesen szerepelnek.

**1. táblázat.** A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ Teleki-állományában található állattani témájú könyvek megjelenési idő szerinti megoszlása.

**Table 1.** Zoological books in the Teleki collection of the Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences according to date of publication.

Időszak	Művek száma
16. sz.	3
17. sz.	10
18. sz.*	165
19. sz.*	29
s. a.	5
Összesen	212

\*Egy többkötetes sorozat a 18–19. sz. fordulóján lett kiadva.

A nyelvi megoszlás is ehhez igazodik: a korszakban az addig hegemon szerepet játszó latin mellett előtérbe kerültek a nemzeti nyelvek, így a gyűjtemény korszerűségét – valamint a német kultúra hazai művelődésre gyakorolt befolyását – mutatja, hogy a német nyelvű könyvek vannak abszolút többségben; jóval kisebb a francia nyelvű kiadványok száma, magyarul írt munka pedig még kevesebb van, hiszen ekkoriban a hazai tudósok többsége még idegen nyelven fogalmazta meg a műveit.

**2. táblázat.** A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ Teleki-állományában található állattani témájú könyvek nyelvi megoszlása.

**Table 2.** Zoological books in the Teleki collection of the Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences according to language.

Nyelvi megoszlás	Művek száma	Megjegyzés
Német	106	
Latin	60	
Francia	27	az egyik francia-holland kétnyelvű kiadás
Magyar	18	
Angol	1	
Olasz	1	
Összesen	213	ebből kettő német-latin kétnyelvű kiadás

Az „állattan” témakörét tág határokon belül értelmeztük: nem csupán azokat a kiadványokat soroltuk ide, amelyek kifejezetten fajleírással, ökológiai megfigyelésekkel, a fajok evolúciójával foglalkoznak, hanem például a növénytani és állattani témájú részeket egyaránt tartalmazó sorozatokat, az őslénytani megfigyelésekről beszámoló munkákat, az állattenyésztési és állategészségügyi szakirodalmat, az iskolai tankönyveket, valamint a kompilációkat és a – gyakran saját megfigyelésekkel gazdagított – fordításokat is számba vettük. Ezen kérdéskörök ugyanis szervesen hozzátartoztak a könyvtár összeállítóinak, illetve olvasóinak az állatvilággal kapcsolatos tájékozódásához, amit az is mutat, hogy a korszakban elkészült szakrendi listákon a fenti csoportokba sorolható nyomtatványok mindegyike az állattan, illetve a természettudománynak megfelelő *naturalis historia* vagy *physica* nevű szakban található meg. Elsősorban tehát nem a modern állattan szempontjaira, hanem a könyvtár létrejöttének idején uralkodó művelődési-tudományfelosztási viszonyokra voltunk tekintettel.

A tanulmány a fenti szempontok szerint tagolva mutatja be az egyes állományrészeket, kiemelve azok fontosabb jellegzetességeit, a tudománytörténetileg legmeghatározóbb szerzőket és műveket. A felépítést és a bemutatás rendjét illetően igyekeztünk BAKONYI & BAKONYI (2017), a Pannonhalmi Főapátsági Könyvtár állattani témájú könyveiről szóló tanulmányát követni, amely tömörsége mellett is informatívan jellemzi a választott állományrészt; mindazonáltal tekintettel voltunk a különbségekre is, hiszen itt nem egy nagyon régi, nagymúltú, több évszázadon keresztül változatos módokon gyarapodó bibliotékáról van szó (BAKONYI & BAKONYI 2016), hanem három olyan főúr könyvtáráról, akik nagyjából hetven éven át, személyes érdeklődésüknek és politikai-gazdasági-családi céljaiknak megfelelően, határozott koncepcióval folytattak könyvgyűjtést.

Mivel mind a TELEKiek, mind az Akadémia első számú célja a hazai tudományosság vívmányainak összegyűjtése, megismertetése és a további fejlődés ösztönzése volt, erre való tekintettel minden témánál külön kiemeltük a legfontosabb magyar vonatkozású műveket, melyekről részletesebben beszámoltunk a Magyar Könyvszemlében megjelent tanulmányunkban (SALLAI & SZABÓ 2018). A könyvek listáját a tanulmány végén közöljük; ez az Akadémiai Könyvtár régi könyves állományának és az alapító gyűjteménnyel kapcsolatos kéziratos listáknak a tételes áttekintésén alapszik, így frissebb és teljesebb adatokat tartalmaz, mint az eddig megjelent kiadványok, illetve a könyvtár adatbázisa.

A listán külön jelöltük, hogy az adott mű rendelkezik-e az alapító állományhoz való tartozást egyértelműen jelző, 1836 és 1863 között használt Teleki-bélyegzővel. Számos olyan kiadványt is szerepeltetünk, amelyek nem rendelkeznek bélyeggel; ezeket a gyűjteményről összeállított kéziratos listák, illetve a fizikai elhelyezkedésük alapján soroltuk be oda. Az esetükben feltételezhető, hogy a feldolgozásuk során elmaradt a bélyegző használata, vagy máshonnan is érkeztek példányok az adott könyvből az Akadémiára, és az akkori könyvtárosok, fölöslegesnek ítélvén a többletet, a Teleki-példányt (talán rosszabb fizikai állapota miatt) eltávolították. Olyan eset is előfordul, hogy a kéziratos listán szereplő kiadvány a mai állományból teljesen hiányzik (az idők során elveszett vagy szándékosan kiselejteztek).

## Áttekintés és diszkusszió

A TELEKiek a magyar tudománytörténet talán legjelentősebb főúri családjának tekinthetőek; a család minden nemzedékében akadt valaki, aki maradandóan járult hozzá valamely diszciplína fejlődéséhez, akár saját tudományos munkája révén, akár mecénási-tudományszervezői tevékenységgel, aminek a könyvgyűjtés és a könyvtáralapítás is a részét képezte. Voltak családtagok, akiknek érdeklődése kifejezetten a természettudományokra irányult. TELEKI SÁMUEL (1845–1916) például, aki RUDOLF trónörökös támogatásával világra szóló, sikeres expedíciót szervezett Afrikába (1886–1889), számos földrajzi, növénytani és állattani felfedezéssel gyarapította a tudományt (BALÁZS 1993). A „zöld gróf” néven is emlegetett TELEKI GÉZA (1943–2014) szintén Afrikában végzett kutatásokat a főemlősök életét és viselkedését tanulmányozva, 1968-tól a közismert csimpánzkutató, JANE GOODALL munkatársaként működött a Tanzánia nyugati részén található, Gombe Nemzeti Parkban. Jelentős természetvédelmi tevékenységet is folytatott, neki köszönhető az Outamba-Kilimi Nemzeti Park létrehozása Sierra Leonében (SÁRKÖZY 2012).

Az Akadémiai Könyvtár alapító állományának kialakításában három TELEKI játszott fontos szerepet. Az akadémiai elnök nagyapja, a koronaőr JÓZSEF kezdte el a gyűjtemény kialakítását, pesti házában halálakor összesen 1723 mű volt található 3231 kötetben. Fia, LÁSZLÓ nagymértékben gyarapította az állományt, amely 1821-ben bekövetkezett halálakor mintegy huszonnégyezer kötetet számlált. Hagyatéka a tudományok iránt leginkább érdeklődő fia, JÓZSEF birtokába került, aki a következő években folytatta a könyvgyűjtést, és az 1826-os felajánlaskor már harmincezer kötet tulajdonosa lehetett.

A koronaőr TELEKI JÓZSEF könyvtárában 19 mű (39 kötet) tárgyal az állattannal kapcsolatba hozható témákat. Vannak például a természettudománnyal általában foglalkozó leíró, rendszerező munkák, például a kor egyik legkiválóbb tudománynépszerűsítő szerzőjének számító BUFFON (1771–1774, 1774–1785, 1785) könyvsorozatának tizenöt darabja német nyelven, a növénytan és az állattan területén egyaránt maradandót alkotó svájci BONNET (1767, 1768, 1772, 1779–1781) értekezései; megvolt továbbá TELEKINEK DECKER & WEBER (1774–78) *Naturgeschichte* című négykötetes összeállítása. Kifejezetten állatokkal foglalkozó könyv kevés van, azok is inkább állattenyésztési és állategészségügyi kérdéseket tárgyalnak. Úgy tűnik, TELEKI JÓZSEF leginkább a juhtenyésztés iránt érdeklődött, ebből a témakörből négy mű is megtalálható az ő könyvtárának a darabjait tartalmazó katalógusokban. Természetesen magyar nemesként a lovakat sem hagyta figyelmen kívül, így a lótenyésztésről is szerzett be kiadványt. A korabeli gazdaságban fontos szerepet játszott a selyemhernyó-tenyésztés és a halászat, ezekről szintén egy-egy könyv szól. Szorosabb értelemben vett állattani témájú munkaként csak BUFFON (1770–1780, 1772–1777, 1785–1786) sorozatának néhány, külön tételként szereplő darabját lehet említeni, továbbá a 16. századi angol CAIUS (1729) latin nyelvű értekezéseit, amelyek egyike a britanniai kutyákról, a másik pedig az utazásai során látott ritka növény- és állatfajokról szól. A modern eszközök és módszerek iránti érdeklődést tükrözi NEEDHAM (1750) mikroszkóppal tett megfigyelésekről beszámoló kötete. A koronaőr JÓZSEF által összegyűjtött könyvtár – mint láttuk – annak halála után részben a fia, LÁSZLÓ tulajdonába került, LÁSZLÓ 1821-ben bekövetkezett halála után pedig az ő fia, a majdani akadémiai elnök, JÓZSEF vette át a könyvtár kezelését, aki az 1826-os felajánlás megtételéig, majd az 1844-es tényleges elszállításig tovább gyarapította azt, sőt a végrendeletében a saját személyes könyvgyűjteményét is az Akadémiai Könyvtárnak adományozta.

**3. táblázat.** A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ Teleki-állományában található állattani témájú könyvek téma szerinti megoszlása.

**Table 3.** Zoological books in the Teleki collection of the Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences according to topics.

Téma	Művek száma	Kötetszám
Állat	78	161
Vegyes	53	142
Gazdaság	45	50
Tankönyv	27	41
Őslénytan	8	12
Összesen	211	406

A 16–18. századi, illetve még a 19. század elején munkálkodó tudósok is gyakran több tudományággal foglalkoztak, ezért gyakorta születtek olyan természettudományos témájú kiadványok, amelyek egyaránt tárgyalták a természetnek a korban számon tartott mindhárom nagy csoportját – „országát” –, a növényeket, az állatokat és az ásványokat; így az állattan szempontjából is célszerű az ilyen áttekintő jellegű munkákat megvizsgálni, hiszen aki a korszakban tájékozódni kívánt valamilyen állattani kérdésben, először az efféle kiadványokban nézett utána az adott témának.



Ha a hazai vonatkozású (azaz magyarországi szerzőtől származó és/vagy a magyarországi élővilágról szóló) irodalmat nézzük, kijelenthető, hogy a TELEKIEK széles körű gyűjtést végeztek, csaknem minden jelentős munkát beszerezve. APÁCZAI (1653) 17. századi enciklopédiája az első növény- és állattani szempontból egyaránt jelentős rendszerező mű, de megtalálható a gyűjteményben BÉL (1723), CSIBA (1714) és TURÓCZY (1729) 18. század eleji leírása is. KLEIN (1778) ritkaságokat bemutató műve szintén vegyes tartalmú, de állattani szempontból kiemelten érdekes, amennyiben részletesen ír a magyarországi kígyófajokról, külön fejezetet szentel a tűzoknak, és a magyar szerzők közül elsőként említi a hosszúszarvú magyar juhot (KÁDÁR & PRISZTER 1992). GÁTI (1792) természetrajza magyar nyelvűsége miatt számít fontosnak. Kiemelendő továbbá a pesti egyetemen tanító MITTERPACHER & PILLER (1783) közös kiadványa, amely 1782-ben tett szerzésművi kutatásunkat mutatja be, az annak során felfedezett és leírt tudományra új növény- és állatfajokkal együtt; ebben a könyvben jelentek meg először hazai nyomdában készült, természetű növény- és állatábrázolások MITTERPACHER (1777–1794) másik fontos műve az *Elementa rei rusticae*, ami alapvetően agrártudományi tankönyv, de rendkívül sok növénytani és állattani ismeretanyagot közöl, a legújabb nemzetközi eredményeket is figyelembe véve.

A Teleki-könyvtár részét képezhették a következő három szerző könyvei, amelyekben azonban nem szerepel Teleki-bélyegző. Az első egy magyar jezsuita, ÉDER kuriózum jellegű műve, amelyet rendtársa, MAKÓ adott ki 1791-ben. ÉDER a mai Bolívia területén tevékenykedett misszionáriusként, és többek között a helyi flórával és faunával kapcsolatban tett megfigyeléseiről is beszámolt könyvében. Szintén csak közvetett bizonyítékok alapján tekinthető az állomány részének GROSSINGER (1793–97) ötkötetes munkája, amely az első kísérlet volt a teljes hazai flóra és fauna szisztematikus bemutatására.

A 18. század folyamán több külföldi utazó is megfordult Magyarországon, akik megfigyelték annak állat- és növényvilágát, illetve meglátogatták a különféle főpapi és főúri természettudományos gyűjteményeket, majd könyv formájában számoltak be tapasztalataikról. Közéjük tartozott HOFFMANNSEGG (1800) gróf, akinek nyomtatásban megjelent levelei feltételezhetően megtalálhatóak voltak a TELEKIEKNÉL. A feltételezést ezen három szerzőnél az indokolja, hogy könyveik még a 19. században felállított szakrendi részlegben találhatóak, és mind előttük, mind utánuk Teleki-bélyegzővel ellátott művek vannak a polcokon; a listákkal való összevetés alapján pedig számos ilyen esetben bebizonyosodott, hogy a kötetek rendszerezése során csupán hanyagságból maradt ki a Teleki-bélyegző az adott példányból.

A több tudományterülettel foglalkozó nemzetközi szakirodalomból ismét BUFFON-t lehet kiemelni, akinek a sorozatát újabb kiadásokban és több nyelven is beszerezték a koronaőr JÓZSEF utódai; bővítették továbbá a SCOPOLITÓL és BONNET-TÓL származó könyvek listáját; ezenkívül természettudományos témájú folyóiratokat is vásároltak (*Der Naturforscher, Magazin der Naturkunde*).

Egyfajta vegyes csoportot képeznek továbbá azok a természetrajzi munkák, leírások, amelyek elsősorban más tudományterületekre (főleg a növénytanra) koncentrálnak, de állattani kérdésekre is kitérnek. LIPPAY (1753) például a *Posoni kert*-ben megemlíti a vetemények kártevőit, tanácsokat adva az eltávolításukra, MÁTYUS (1787–1792) *Diaeteticá*-ja pedig a táplálkozással kapcsolatban közöl állattani vonatkozású

információkat, valamint beszámol két sáskajárásról is; BENKŐ (1778) munkája Erdély jellegzetes állatainak leírását is magában foglalja.

Külön csoportként lehet kiemelni a Teleki-állományban szép számmal megtalálható, őslénytani megfigyelésekről beszámoló műveket, amelyek a legtöbbször alapvetően ásványtani témájúak. Magyar szempontból elsőként APÁCZAI-CSERE Jánost (1653) kell említeni, akinek művében szerepel a fosszilizálódás folyamata; részletesebben először FRIDVALSZKY (1767) számolt be erdélyi mineralógiai művében növények, kagylók, halak megkövült maradványairól; FICHTEL (1780) nevéhez pedig az erdélyi gerinctelen állatok első paleofaunisztikai összefoglalása fűződik. Kifejezetten ősmaradványokkal foglalkozó mű pedig négy volt a Teleki-könyvtárban: a gyulafehérvári születésű BORN (1790) ismertetője az egyik tanítványa, ÉLÉONORE RAAB ősmaradvány-kollekciójáról, valamint az itáliai származású (de egy ideig Selmezbányán tanító) SCOPOLI (1769), a svájci tudományosság jelentős alakjának számító (Varsóban pedig miniszteri posztot is betöltő) BERTRAND (1763) és a német geológus-bányamérnök, több mineralógiai társaság névadója, WERNER (1785) egy-egy műve, amelyek átfogó jelleggel tárgyalják a kővületek jellegének és vizsgálatának kérdéseit.

A tényleges állattani témájú munkák közül a magyarországi állattan történetének legfontosabb szerzői és művei – MISKOLCZITÓL PETÉNYIIG – szinte kivétel nélkül megtalálhatók a Teleki-könyvtárban, néhány kutatónak még a munkásságát is támogatta egy vagy több családtag. A nemzetközi szakirodalomból is számos jeles természettudós munkáit gyűjtötték be. A 16. századi kezdeteket képviseli ALDROVANDI (1642) akinek állatokkal foglalkozó szép könyvei nemcsak tartalmuk, hanem megjelenésük, pontosabban a bennük található természethű képi ábrázolások miatt is komoly előrelépést jelentettek a modern zoológia kialakulása felé. A 17. században élt HARVEY (1680), aki a vérkeringéssel kapcsolatos megfigyeléseinek köszönhetően vált ismertté; itt az állatok szaporodásának és a szűznemzésnek a korszakban sokat vitatott témájával kapcsolatos eszmeváltásainak gyűjteménye szerepel. A szintén 17. századi JONSTONTÓL (1650, 1755, 1756, 1757) több összefoglaló mű is megtalálható volt a TELEKIEKNÉL, bár a beszerzés idején már némileg idejélmúltnak számítottak ezek a művek (SOMKUTI 1967). A LINNÉVEL is kapcsolatban álló, de az állatok rendszerezésével LINNÉTŐL eltérően morfológiai alapon foglalkozó KLEINTŐL (1750, 1773) két művet szereztek be, amelyek a tengeri állatokról és madarokról szólnak. Az összehasonlító anatómiában jelentős munkásságot kifejtő CUVIER-TŐL (1817) az állatok országát feldolgozó négykötetes munka volt meg a könyvtárban. A természetrajz fejlődésére, elsősorban módszertanára nagy hatást gyakorló RÉAUMUR (1737–1741, 1749) szintén két művével képviseltette magát a Teleki-állományban, köztük a főművének tekinthető *Memoires pour servir a l'histoire de insectes* cíművel (tíz kötetben). Hasonló témával foglalkozott BOERHAAVE (1758) több szerzőtárssal együtt megjelentetett egyik könyve, bár ő az orvostudomány történetében számít korszakalkotó tudósnak. Viszont az állattanban mondható nagy jelentőségűnek a francia természetbúvár, LA CÉPÉDE (1788–1790) munkássága, akitől egy négykötetes, hullókkal foglalkozó művet vásároltak meg a TELEKIEK. LINNÉNEK (1773–1776, 1789) a teljes természetrajzán kívül egy entomológiai tárgyú, Svédország rovarvilágát feldolgozó munkája található meg a gyűjteményben. Ki lehet emelni még a 18. század legjelentősebb ichtiológusai között számot tartott BLOCH (1782–1784, 1785–1791) összefoglaló munkáit, valamint BONNET (1767, 1768, 1772, 1779–81) férgekkel, lepkékkel, egyéb rovarokkal és általában a szaporodás kérdésével

foglalkozó műveit. A teljes lista azonban ennél jóval hosszabb: összességében 78 mű (161 kötet) található a TELEKIknél, amelyek kifejezetten állattannal foglalkoznak, meglehetősen változatos megoszlásban. Vannak, amelyek bizonyos életjelenségeket vizsgálnak (mozgás, szaporodás, ösztönök stb.), mások egy adott terület faunájával foglalkoznak, a legtöbb pedig valamilyen állatcsoportot állít középpontba, közülük is a legnépszerűbbek a rovtartani, haltani és madártani témájú kiadványok.

Nem hiányoztak a Teleki-könyvtárból az oktatással kapcsolatos természetrajzi könyvek sem, amelyek magától értetődően az állattanra is kitérnek. Beszerzésük részben a család ifjabb generációinak kiművelését célozhatta, egy-egy kiadvány megjelenési éve esetleg arra is következtetni enged, hogy melyik apa vette melyik fiának (EBERT 1776–77-es és MITTERPACHER 1777–79-es könyveit például az idősebb JÓZSEF LÁSZLÓnak, GLATZ és SZENTGYÖRGYI 1803-as műveit pedig valószínűleg LÁSZLÓ az ifjabbik JÓZSEFnek). Ezenkívül mindegyik TELEKI aktívan foglalkozott az iskolaüggyel: a koronaőr JÓZSEF pécsi tankerületi főigazgató volt, LÁSZLÓt a kolozsvári református kollégium gondnokává választották és saját művet is írt a nevelésről, az ifjabb JÓZSEF pedig a sárospataki kollégium főgondnoki tisztségét töltötte be. A tankönyvek vásárlása tehát mind a gyermekek nevelését, mind az oktatásügyben való általános tájékozódást elősegítette.

Nagy hangsúlyt fektettek a hazai flórát és faunát megismertető művek gyűjtésére. A legkorábbi darab a *Ratio educationis*-ban lefektetett elveket tükröző egyik első disszertáció, KERESZTÚRI, TICHY és REIFF közös munkája (KERESZTÚRI et al. 1779). A korszak első számú természetrajzi tankönyvírója viszont a már említett MITTERPACHER (1777–94) volt, akinek több írását is beszerezték. Kifejezetten állattani témájú SEVERINI (1779) munkája, amelyben egy saját állatrendszertan bevezetésére tett kísérletet. Egy másik, metszetekkel ellátott tankönyv, a debreceni SZENTGYÖRGYIÉ (1803), szintén az állatok országát mutatta be, egy egész természetrajzra kiterjedő sorozat első részeként, a folytatása azonban nem készült el. Számos külföldi, elsősorban német nyelvű tankönyvből is tanulhattak a TELEKI gyermekek, például a neves wittenbergi természettudós, EBERT (1776–1777) vagy az orvostudományban is jelentősnek számító KRÜGER (1748–1750, 1753, 1771, 1774) műveiből. Kiemelhető továbbá BERTUCH (1807–1808) színes metszetekkel ellátott természetrajzi könyvsorozata, amelynek 19. század eleji, bécsi kiadását latin és magyar fordítással is ellátták.

A TELEKIEK a természettudományok elméleti művelése mellett nagy hangsúlyt fektettek azok gyakorlati hasznosítására is. Az alapító állományt kialakító mindhárom családtag végzett hosszabb külföldi tanulmányokat, amely során egyrészt megtapasztalták Magyarország gazdasági elmaradottságát a fejlettebb nyugat-európai országokhoz képest, másrészt ennek a hátrálynak a ledolgozása érdekében gondosan tanulmányozták az ott alkalmazott módszereket és eszközöket. Általános hazafiúi érzületük mellett természetesen személyes érdekük is fűződött a legújabb technikai és gazdasági vívmányok megfigyeléséhez, hiszen nagybirtokos arisztokratákként a saját jövedelmeik növeléséhez is elengedhetetlen volt számukra a földjeiken folyó termelőmunka versenyképességének, korszerűségének biztosítása. Mindez az állatokkal kapcsolatos kérdéseket is érintett: az egyes állatfajták tenyésztése, egészségük megóvása, gazdasági hasznosításuk lehetőségei úgyszólván nélkülözhetetlen részét képezték minden TELEKI gróf ismeretanyagának. Mindezen szempontok véleményünk szerint elegendő indokot jelentenek ahhoz, hogy az alapító állomány állattani témájú könyvei között a háziállatokkal foglalkozó különféle

kiadványokat is tárgyaljuk, hiszen a gyűjtemény összeállítói számára ezek a művek tulajdonképpen a korábban felsorolt munkák révén elsajátított tudás gyakorlati oldalát jelentették.

A gazdasági témájú művek jelentőségét a számuk is mutatja. A koronaőr TELEKI JÓZSEF állatokkal kapcsolatos könyvállományának például több mint egyharmadát az ide sorolható kiadványok teszik ki, fia és unokája pedig mintegy negyven ilyen munkát szerzett be, magyar és külföldi vonatkozásúakat egyaránt. Van köztük a mezőgazdasági kérdésekkel általában foglalkozó értekezés is (PETHE 1805, TESSEDIK 1786), de a többségük egy-egy állatcsoportra vagy témára koncentrált. Kiemelten érdeklődtek például a lovak tenyésztése és idomítása iránt (CAVENDISH 1729, CSEKONICS 1817, HIVER 1783 stb.), hiszen mezőgazdasági, hadászati és közlekedési szempontból, továbbá az általuk biztosított társadalmi presztízs miatt ezek az állatok számítottak a legértékesebbnek a korban. Több méhészeti témájú könyvet vásárolt a két ifjabb TELEKI (CHRIST 1783, EYRICH 1774, JANSCHA 1790, HANDERLA 1810, RIEM 1775, SZIGETI 1763); ez a mezőgazdasági ágazat szintén nagy népszerűségnek örvendett, és komoly hagyományokkal rendelkezett. Újjonnan fellendülő iparág volt a textilgyártás, amely a juhtenyésztési szakkönyvek (KLOBB 1790, LOSSIUS 1791) beszerzését indokolta; illetve ehhez a területhez kapcsolódott a selyemhernyó-tenyésztéssel foglalkozó irodalom is (*Hinlängliche Anleitung...* 1767). A szarvasmarha-, sertés- és baromfitartás kérdéseit csak egy-két könyv tárgyalta az alapító állományban (BERGEN, 1800, BUCHOZ 1785, HÖCK, 1792, TAM 1764), illetve megtalálható volt még egy galambokkal foglalkozó mű is (*Gründlicher Unterricht in der Taubenzucht* 1798). Több kiadvány foglalkozott a haszonállatok egészségügyi ellátásával, akár általánosságban, akár egy bizonyos fajtára vagy betegségekre fókuszálva (CARENO 1801, ROHLWES 1814, *Pferdearzt* 1752, TOLNAY 1816). Végül kuriózumként említendő a jeles történész, PRAY (1749) jezsuita szerző latin nyelvű solymászati tankölteménye, amely elsősorban poétikai célokat követ, de számos helyes megállapítást is tesz ezen ragadozó madarak nevelésére és a velük folytatott vadászatra vonatkozóan.

## Összegzés

Az Akadémiai Könyvtár alapító állományában a teljes mennyiséghez képest az állattani témájú művek csak kis számban fordultak elő; arányuk még úgy is meglehetősen csekélynek mondható, ha tágabb értelmezéssel a vegyes tartalmú, illetve inkább (mező)gazdasági szempontokra koncentrált munkákat is ide számítjuk. A harmicezres bibliotékában mindössze 406 állattani vonatkozású kötet volt megtalálható; ezekből 47 olyan művet lehet kiválogatni, amelyek valamilyen módon magyar kötődésűek. Csekély számuk mindazonáltal nem annyira az alapítók érdeklődésének hiányát, mint inkább a korabeli viszonyokat tükrözi. A 18. században és a 19. század elején a természettudományok fellendülőben voltak ugyan, de a modern időkben élvezett fontosságukat még meg sem közelítették; Magyarország sajátos politikai-közjogi helyzete miatt pedig idehaza más diszciplínák álltak az érdeklődés homlokterében. Ennek figyelembe vételével a TELEKIEK könyvgyűjtő munkája elismerést érdemel, hiszen a hazánkban kiadott, témánkba illő könyveket szinte teljes egészében beszerezték, és a

nemzetközi szakirodalomból is számos modernnek számító kiadvánnyal rendelkeztek, olyan szerzők tollából, akiket ma is az állattan történetének jeles alakjai között tartanak számon.

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönjük Dr. BAKONYI GÁBOR és Dr. VIG KÁROLY alapos, nagy segítséget nyújtó lektori munkáját.

## Irodalomjegyzék

- ALDROVANDI, U. (1642): *De reliquis animalibus exanguibus*. Bologna, Ferronii, 593 pp.
- APÁCZAI CSERE, J. (1653): *Magyar encyclopaedia*. Utrecht, Waesberge, 487 pp.
- BAKONYI, G. & BAKONYI, Zs. (2016): A Pannonhalmi Főapátsági Könyvtár zoológiai könyvei a 16–18. századból. *Magyar Könyvszemle* 132(4): 463–478.
- BAKONYI, G. & BAKONYI, Zs. (2017): A Pannonhalmi Főapátsági Könyvtár kora újkori zoológia könyveinek vizsgálata. *Állattani Közlemények* 102(1–2): 3–23.  
<https://doi.org/10.20331/AllKoz.2017.102.1-2.3>
- BALÁZS, D. (ed.) (1993): *Magyar Utazók Lexikona*, Panoráma, Budapest, 464 pp.
- BÉL, M. (1723): *Hungariae antiquae et novae prodromus*. Nürnberg, Monath, 204 pp.
- BENKŐ, J. (1778): *Transsilvania, sive magnus Transsilvaniae Principatus, olim Dacia Mediterranea dictus. orbi nondum satis cognitus. nunc multifariam, at strictim illustratus*. Bécs, Kurzböck, 2 köt.
- BERGEN, J. C. (1810): *Anleitung zur Viehzucht oder vielmehr zum Futtergewächsbau und zur Stallfütterung des Rindviehes*. Berlin, Realschulbuchhandlung, 482. pp.
- BERTRAND, É. (1763): *Dictionnaire universel des Fossiles propres et des Fossiles accidentels, contenant une description des terres, des sables, des sels, des soufres, des bitumes, des pierres simples & composées, etc.* Hága, Grosse – Pinel, 606 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.145196>
- BERTUCH, F. J. (1807–1808): *Novus orbis pictus juventuti instituendae et oblectandae*. Bécs, Pichler, 4 köt.
- BLOCH, M. E. (1782–1784): *Oeconomische Naturgeschichte der Fische Deutschlands*. Berlin, Hesse – Buchhandlung der Realschule, 3 köt. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.105191>
- BLOCH, M. E. (1785–1791): *Oeconomische Naturgeschichte der ausländischen Fische*, Berlin, Buchhandlung der Realschule – Morino & Comp., 5 köt.
- BOERHAAVE, H., FLOYD, T., HILL, J. & SWAMMERDAM, J. (1758): *The Book of Nature; or, the History of Insects*. London, Seyffert, 472 pp.
- BONNET, C. (1767): *Contemplation de la nature*, Yverdon, s. n., 2 köt.
- BONNET, C. (1768): *Considérations sur les corps organisés*. Amsterdam, Rey, 580 pp.
- BONNET, C. (1772): *Betrachtungen über die Natur*. Lipsce, Junius, 675 pp.
- BONNET, C. (1779-1781): *Oeuvres d'histoire naturelle et de philosophie de Charles Bonnet*. Neuchatel, Fauche, 7 köt. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.51265>
- BORN, I. (1790): *Catalogue méthodique et raisonné de la collection des fossiles de Mlle Éléonore de Raab*. Bécs, Degen., 4 köt.

- BUCHOZ, P. J. (1785): *Oekonomisch-physikalische Abhandlung vom Federvieh*. Bécs, Trattner, 288 pp.
- BUFFON, G. L. L. (1770–1780): *Histoire naturelle des oiseaux*. Párizs, Impr. Royale, 14 köt. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.66490>
- BUFFON, G. L. L. (1771–1774): *Allgemeine Naturgeschichte*. Berlin, Pauli, 7 köt.
- BUFFON, G. L. L. (1772–1777): *Naturgeschichte der Vögel*. Berlin, Pauli, 6 köt.
- BUFFON, G. L. L. (1774–1785): *Oeuvres complètes: histoire naturelle, générale et particulière*. Párizs, Impr. Royale, 43 köt. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.156847>
- BUFFON, G. L. L. (1785–1786): *Naturgeschichte der vierfüssigen Thiere*. Troppau, s. n., 2 köt.
- CAIUS, J. (1729): *De canibus Britannicis, lib. 1.: De rariorum animalium et stirpium historia, lib. 1. De libris propriis, lib. 1. De pronunciatione Graecae et Latinae linguae*. London, Davis, 271 pp.
- CARENO, L. (1801): *Ueber die Kuhpocken: eine Volksschrift*. Bécs, Comesina, 40 pp.
- CAVENDISH, W. (1729): *Die neueste Lehr-Art und besondere Erfindung die Pferde zu dressiren, oder abzurichten und zu arbeiten, und zwar nach der Natur, welche durch subtile Kunst-Griffe zur Vollkommenheit gebracht wird*. Nürnberg, Lochner, 470 pp.
- CHRIST, J. L. (1783): *Anweisung zur nützlichsten und angenehmsten Bienenzucht*. Frankfurt – Lipcse, Fleischer, 416 pp.
- CUVIER, G. (1817): *Le règne animal*. Párizs, Deterville, 4 köt.
- CSANAK, D. (1983): *Két korszak határán*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 492 pp.
- CSANAK, D. (2001): A Telekiek gyűjteménye. In: FEKETE, G.-né (eds): *Örökségünk, élő múltunk: Gyűjtemények a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárában*. A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárának közleményei (37/112). Magyar Tudományos Akadémia Könyvtára, Budapest, pp. 11–33.
- CSEKONICS, J. (1817): *Praktische Grundsätze die Pferdezucht betreffend*. Pest, s. n., 250 pp.
- CSIBA, M. I. (1714): *Dissertatio historico-physica de montibus Hungariae*. Nagyszombat, Typis Academicis, 149 pp.
- DECKER, J. M. (1774–1778): *Naturgeschichte aus den besten Schriftstellern mit Merianischen und neuen Kupfern*. Heilbronn, Ekebrechtische, 4 köt.
- EBERT, J. J. (1776–1777): *Naturlehre für die Jugend*. Lipcse, Weidmann, 3 köt.
- ÉDER, X. F. (1791): *Descriptio provinciae Moxitarum in regno Peruano quam e scriptis posthumis Franz Xav. Eder e Soc. Jesu annis XV. sacri apud eosdem curionis digessit, expolivit, et adnotatiunculis illustravit abb. et consil. reg. Mako*. Buda, Typis Universitatis, 401 pp.
- EYRICH, J. L. (1774): *Gesammelte und nach Vernunft und Erfahrung geprüfte Nachrichten von der Winterung der Bienen*. Nürnberg, Zeh, 110 pp.
- FICHEL, J. E. von (1780): *Beytrag zur Mineralgeschichte von Siebenbürgen*. Nürnberg, Verlag der Raspischen Buchhandlung, 158 pp.
- FRIDVALSZKY, J. (1767): *Mineralogia magni principatus Transsylvaniae*. Kolozsvár, Typis Academicis Societatis Iesu, 220 pp.
- GÁTI, I. (1792): *A természet históriája*. Máramarosziget, s. n., 32 pp.
- GAZDA, I. (2013): *Magyar tudománytörténet. A reáltudományok területén magyar kutatók által 1945 előtt elért kiemelkedő eredményekből. Történeti összefoglalók, bibliográfiák*. A Magyar Tudománytörténeti Intézet tudományos közleményei, 118. Magyar Tudománytörténeti Intézet, Budapest, 219 pp.
- GÉCZY, B. (1995): *A magyarországi őslénytan története*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 74 pp.

- GLATZ, J. (1803): *Naturhistorisches Bilder- und Lese-Buch*. Reutlingen, Mäck, 360 pp.
- GROSSINGER, J. (1793–1797): *Universa Historia Physica regni Hungariae secundum tria regna naturae digesta*. Pozsony, Weber, 5 köt.
- HANÁK, J. (1849): *Az állattan története és irodalma Magyarországon*. Kiadta Pólya József. Pesten, 220 pp.
- HANDERLA, Gy. (1810): *Új méhészt, vagy-is a méheknek magyar hazánkhoz alkalmaztatott gondviselése*. Pozsony, Weber, 182 pp.
- HARVEY, W. (1680): *Exercitationes de generatione animalium*. Hága, Leers, 622 pp.
- HIVER, J. (1783): *Englische Zucht und Behandlung der Pferde*. Bécs, Wappler, 111 pp.
- HOFFMANNSEGG, J. C. (1800): *Reise des Grafen von Hofmannsegg in einige Gegenden von Ungarn bis an die türkische Gränze : ein Auszug aus einer Sammlung von original Briefen*. Görlitz, Anton, 255 pp.
- HÖCK, J. D. A. (1792): *Oekonomische Abhandlung von der Schweinszucht*. Frankfurt, Jäger, 38 pp.
- JANSCHA, A. (1790): *Hinterlassene vollständige Lehre von der Bienenzucht*. Bécs, Kurzbeck, 222, pp.
- JONSTON, J. (1650): *Historiae naturalis de avibus libri VI*. Frankfurt – Lipcse, Merian, 227 pp.
- JONSTON, J. (1755): *Theatrum universale omnium animalium quadrupedum*. Heilbronn, Eckebrecht, 244 pp.
- JONSTON, J. (1756): *Ioannis Jonstoni theatrum universale de avibus*. Heilbronn, Lannoy, 256 pp.
- JONSTON, J. (1757): *Historiae naturalis de serpentibus libri duo*. Heilbronn, Eckebrecht, 58 pp.
- KÁDÁR, Z. & PRISZTER, Sz. (1992): *Az élővilág megismerésének kezdetei hazánkban*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 134 pp.
- KERESZTÚRI, J., REIFF, J. I. & TICHY, I. (1779): *Tentamen publicum ex regno animali quod in regia universitate Budensi anno 1779 subibunt*. Buda, Typis Regiae Universitatis, 46 pp.
- KLEIN, J. T. (1750): *Historiae avium prodromus*. Schmidt, Lübeck, 254 pp.
- KLEIN, J. T. (1773): *Descriptiones tubulorum marinorum*. Danzig & Lipcse, Gleditsch, 44 pp.
- KLOBB, H. E. (1790): *Abhandlung von den Hauptkrankheiten und Verhalten der Schaafte*. Regensburg, Montag, 77 pp.
- KRÜGER, J. G. (1748–1750): *Naturlehre* (II-III.). Halle, Hemmerde, 2 köt.
- KRÜGER, J. G. (1771): *Naturlehre, nebst Kupfern und vollständigen Register*. Halle, Hemmerde, 943 pp.
- KRÜGER, J. G. (1774): *Elementa philosophiae naturalis*. Kolozsvár, Colleg. Ref., 430 pp.
- KRÜGER, J. G. (1753): *Philosophia naturalis experimentis confirmata*. Halle, Hammerde, 1070 pp.
- LA CÉPÈDE, B.-G. É. (1788–1790): *Histoire naturelle des quadrupèdes ovipares et des serpens*. Párizs, Hotel de Thou, 4 köt. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.5036>
- LINNÉ, C. (1773–1776): *Vollständiges Natursystem*. Nürnberg, Raspe, 9 köt.
- LINNÉ, C. (1789): *Entomologia, Faunae Suecicae descriptionibus aucta*. Lyon, Delamollier, 4 köt.
- LIPPAY, J. (1753): *Posoni kert*. Győr, Streibig, 698 pp.
- LOSSIUS, F. D. (1791): *Die beste und natürlichste Behandlung der Schaafte dieselben vor allerlei bössartigen Zufällen zu verwahren und die Schäfereien in Aufnahme zu bringen*. Lipcse, Böhme, 286 pp.
- MÁTYUS, I. (1787–1792): *Ó és új diaetetica az az, Az életnek és egészségnek fenn-tartására és gyamolgatására Istentől adattatott nevezetesebb természeti eszközöknek a szerint való élé-*

*számlázása a mint azokra reá kaptak, és eleitől fogva min ez ideig magok károkra vagy hasznokra vélek éltek az emberek.* Pozsony, Landerer, 5 köt.

- MITTERPACHER, L. (1777–1794): *Elementa rei rusticae in usum academiaram regni Hungariae.* Buda, Typis Regiae Universitatis, 3 köt.
- MITTERPACHER, L. (1777–1779): *Elementa rei rusticae in usum academiaram regni Hungariae (I-II).* Buda, Typis Regiae Universitatis, 2 köt.
- MITTERPACHER, L. & PILLER, M. (1783): *Iter per Poseganam Sclavoniae provinciam mensibus Junio, et Julio Anno 1782.* Buda, Typis Regiae Universitatis, 147 pp.
- NEEDHAM, J. T. (1750): *Nouvelles observations microscopiques, avec des découvertes intéressantes sur la composition et la décomposition des corps organisés.* Ganeau, Párizs, 542 pp.
- PETHE, F. (1805): *Pallérozott mezei gazdaság.* Sopron, Szűz, 3 köt.
- PRAY, Gy. (1749): *De institutione ac venatu falconum libri duo.* Nagyszombat, Typ. Acad. SJ, 60 pp.
- RÉAUMUR, R.-A. F. de (1737–1741): *Memoires pour servir a l'histoire de insectes.* Amszterdam, Mortier, 10 köt. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.34136>
- RÉAUMUR, R.-A. F. de (1749): *Art de faire éclore et d'élever en toute saison des oiseaux domestiques de toutes especes, soit par le moyen de la chaleur du fumier, soit par le moyen de celle du feu ordinaire.* L'Imprimerie Royale, Párizs, 2 köt.
- RIEM, J. (1775): *Fundamentalgesetze zu einer perennierenden Kolonie-Bienenpflege in zusammengesetzten Halbwohnungen.* Mannheim & Berlin, Schwan & Decker, 448 pp.
- ROHLWES, J. N. (1814): *Baromvors könyv* (ford. Pethe, F.). Kolozsvár, Nemzeti Gazda, 210 p.
- SALLAI, Á. & SZABÓ, Á. (2018): Az Akadémiai Könyvtár Teleki-állományának magyar vonatkozású botanikai és zoológiai könyvei. *Magyar Könyvszemle* 134(4): 381–410.
- SÁRKÖZY, E. (2012): Beszélgetés a „zöld gróffal”, Teleki Gézával. *Élet és Tudomány* 67(3): 76–78.
- SCOPOLI, G. A. (1769): *Einleitung zur Kenntniss und Gebrauch der Fossilien.* Riga & Mietau, Hartknoch, 213 pp.
- SEVERINI, J. (1779): *Tentamen zoologiae Hungaricae.* Pozsony, Patzko, 113 pp.
- SOMKUTI, G. (1966): Korszerű természettudományos irodalom Széchényi Ferenc és Teleki László könyvtárában. In: BÉLLEY, P., HARASZTHY, GY. & KERESZTURY, D. (eds): *Az Országos Széchényi Könyvtár évkönyve 1963–1964:* 187–209.
- SOMKUTI, G. (1967): Korszerű természettudományos irodalom Széchényi Ferenc és Teleki László könyvtárában (II.). In: BÉLLEY, P., HARASZTHY, GY. & KERESZTURY, D. (eds): *Az Országos Széchényi Könyvtár évkönyve 1965–1966:* 408–428.
- SZENT-GYÖRGYI, J. (1803): *A legnevezetesebb természeti dolgok esmérati (I).* Debrecen, Szigethy, 379 fol.
- SZIGETI, Gy. (1763): *Méhész könyv.* Nagyenyed, s. n., 58 pp.
- SZILÁDY, Z. (1922): *A magyar állattani irodalom repertoriuma I, A legrégebbi időktől 1870-ig.* Kir. M. Természettudományi Társulat, Budapest, 24 pp.
- TAM, F. J. (1764): *Vierfaches Kleeblatt : Hilfsmittel für Horn-, Schaf-, Pferd- und Federvieh.* Bécs & Prága, Trattner, 605 pp.
- TESSEDIK, S. (1786): *A paraszt ember Magyar Országban,* Engel, Pécs, 510 pp.
- TOLNAY, S. (1816): *A lovak külső szép, vagy rútt természetek s hibái meg-esméréséről, és azoknak belső, s külső betegségeik orvoslásáról.* Buda, Magyar Királyi Univerzitas, 228 pp.
- TURÓCZY L. (1729): *Ungaria suis cum regibus compendio data.* Nagyszombat, Typis Academicis, 250 pp.



WERNER, A. G. (1785): *Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien*. Bécs, Trattner, 238, pp.

Szerző nélkül (1752): *Der nach medicinischen Lehrsätzen sicher und gewiss curirende Pferdearzt*.  
Lipcse, Gessner, 294 pp.

Szerző nélkül (1767): *Hinlängliche Anleitung zur Seidenzucht und zuverlässige Anweisung*. Ulm,  
Bartholomäi, 76 pp.

Szerző nélkül (1800): *Gründlicher Unterricht in der Taubenzucht*. Berlin, Maurer, 48 pp.

## Függelék

### A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ alapító állományában található állattani témájú könyvek listája

Az egyes tételeknél szereplő információk, sorrendben: szerző, cím, megjelenés helye, kiadó, kiadás éve, oldalszám/kötetszám (szögletes zárójelben a számozatlan oldalak száma), rétnagyság, megjegyzés.

A megjegyzések kódjai:

B: Teleki-bélyegzővel ellátott kötet(ek)

BN: Teleki-bélyegzővel nem rendelkező kötet(ek)

H: a könyvtár mai állományából hiányzó kötet(ek)

\*: A könyv Magyarországon eddigi ismereteink szerint csak a Pannonhalmi Főapátság Könyvtárában és a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárában található meg.

- 1.) ALDROVANDI, Ulisse: *De reliquis animalibus exanguibus*. Bologna, Ferronii, 1642. [3] fol., 593 p., [14] fol. 2° – B
- 2.) ALLETZ, Pons-Augustin: *Histoire des singes, et autres animaux curieux*. Frankfurt, Aux Depens de la Compagnie, 1769. 173 p. 12° – B
- 3.) APÁCZAI Csere, János: *Magyar encyclopaedia*. Utrecht, Waesberge, 1653. [40], 487 p. 8° – BN
- 4.) BAZIN, Gilles-Augustin: *Abrégé de l'histoire des insectes*. Párizs, Panckoucke, 1764. 2 köt. 8° – B
- 5.) BECHSTEIN, Johann Matthias: *Gemeinnützige Naturgeschichte Deutschlands nach allen drey Reichen : ein Handbuch zur deutlichen und vollständigeren Selbstbelehrung besonders für Forstmänner, Jugendlehrer und Oekonomen*. Lipcse, Crusius, 1789-95. 4 köt. 8° – BN
- 6.) BECHSTEIN, Johann Matthias: *Naturgeschichte der Stubenvögel*. Gotha, Ettinger, 1795. 2 köt. 8° – H
- 7.) BECHSTEIN, Johann Matthias: *Naturgeschichte oder Anleitung zur Kenntniß und Wartung der Säugethiere, Amphibien, Fische, Insecten und Würmer*. Gotha, Ettinger, 1797. [18] 312, [7] p. 8° – B
- 8.) BÉL, Mátyás: *Hungariae antiquae et novae prodromus*. Nürnberg, Monath, 1723. [18], 204 p., 3 t. 2° – B
- 9.) BENKŐ, József: *Transsilvania, sive magnus Transsilvaniae Principatus, olim Dacia Mediterranea dictus. orbi nondum satis cognitus. nunc multifariam, at strictim illustratus*. Bécs, Kurzböck, 1778. 2 köt. 8° – BN
- 10.) BERGEN, Johann Christian: *Anleitung zur Viehzucht oder vielmehr zum Futtergewächsbau und zur Stallfütterung des Rindviehes*. Berlin, Realschulbuchhandlung, 1810. [6], LVIII, 482, [2] p., 3 t. – B
- 11.) BERNHARDI, Johann Jakob: *Annalen des Nationalmuseums der Naturgeschichte zu Paris*. Hamburg & Mainz, s. n., 1803-04. 2 köt. 4° – H

- 12.) BERTRAND, Élie: *Dictionnaire universel des Fossiles propres et des Fossiles accidentels, contenant une description des terres, des sables, des sels, des soufres, des bitumes, des pierres simples & composées, etc.* Hága, Grosse – Pinel, 1763. XXXII, 606 p. 8° – B
- 13.) BERTUCH, Friedrich Justin: *Novus orbis pictus juventuti instituendae et oblectandae.* Bécs, Pichler, 1807-08. 4 köt. 4° – BN
- 14.) BLOCH, Marcus Eliezer: *Oeconomische Naturgeschichte der Fische Deutschlands.* Berlin, Hesse – Buchhandlung der Realschule, 1782-84. 3 köt. 4° – B
- 15.) BLOCH, Marcus Eliezer: *Oeconomische Naturgeschichte der ausländischen Fische,* Berlin, Buchhandlung der Realschule – Morino & Comp., 1785-91. 5 köt. 4° – B
- 16.) BLUMENBACH, Johann Friedrich: *Handbuch der Naturgeschichte.* Dieterich, Göttingen, 1779. 559 p. 8° – BN
- 17.) BLUMENBACH, Johann Friedrich: *Handbuch der Naturgeschichte.* Göttingen, Dieterich, 1797. I-XVIII, 714, [32] p., 1 t. 8° – H
- 18.) BLUMENBACH, Johann Friedrich: *Handbuch der Naturgeschichte.* Göttingen, Dieterich, 1799. [14], 708 p. 8° – B
- 19.) BLUMENBACH, Johann Friedrich: *Abbildungen naturhistorischer Gegenstände.* Göttingen, 1810. [10], [210] p. 8° – H
- 20.) BOERHAAVE, Herman, FLLOYD, Thomas, HILL, John & SWAMMERDAM, Jan: *The Book of Nature; or, the History of Insects.* London, Seyffert, 1758. XX, [8], 236, 153, LXIII, 12 p. 2° – B
- 21.) BOHADSCH, Joannes Baptist: *De quibusdam animalibus marinis.* Drezda, Walther, 1761. [18], 169 p. 12 t. 4° – B
- 22.) BOLTEN, Joachim Friedrich: *Ad illustrem systematis naturae authorem Carolum a Linné equitem auratum epistola de novo quodam Zoophytorum genere.* Hamburg, Herold, 1771. 12 p., 1 t. 4° – B
- 23.) VALMONT-BOMARE, Jacques Christoph: *Dictionnaire raisonné universel d'Histoire naturelle; contenant l'histoire des animaux, des végétaux et des minéraux.* Párizs, Lacombe, 1767-68. 6 köt. 8° – B
- 24.) BONNET, Charles: *Contemplation de la nature,* Yverdon, s. n., 1767. 2 köt. 8° – H
- 25.) BONNET, Charles: *Considérations sur les corps organisés.* Amszterdam, Rey, 1768. [50], 234 p.; [16], 280 p. 8° – B
- 26.) BONNET, Charles: *Betrachtungen über die Natur.* Lipcse, Junius, 1772. CVI, 562 p., [7] p. 8° – BN
- 27.) BONNET, Charles: *Oeuvres d'histoire naturelle et de philosophie de Charles Bonnet.* Neuchatel, Fauche, 1779-81. 7 köt. 4° – B
- 28.) <sup>1</sup>BORKHAUSEN, Moritz Balthazar: *Teutsche Ornithologie oder Naturgeschichte aller Vögel Teutschlands in naturgetreuen Abbildungen und Beschreibungen.* Darmstatt, Wittich, 1800. 123 p. 2° – BN
- 29.) BORN, Ignaz von: *Briefe über mineralogische Gegenstände, auf seiner Reise durch das Temeswarer Bannat, Siebenbürgen, Ober- und Nieder-Hungarn an den Herausgeber derselben, Johann Jacob Ferber geschrieben.* Frankfurt – Lipcse, s. n., 1774. [12], 228 p. 8° – B
- 30.) BORN, Ignaz von: *Testacea Musei Caesarei Vindobonensis, quae jussu Mariae Theresiae Augustae disposuit et descripsit Ignatius a Born.* Bécs, Kraus, 1780. XXXVI, 442, [17] p. 2° – B

---

<sup>1</sup> A kézirat listán cím helyett, téamegjelölésként az “Ornithologia Germanica” kifejezés szerepel, ami valószínűleg erre a kiadványra vonatkozik.

- 31.) BORN, Ignaz von: *Catalogue méthodique et raisonné de la collection des fossiles de Mlle Éléonore de Raab*. Bécs, Degen, 1790. 4 köt. 8° – B
- 32.) BOROWSKI, Georg Heinrich: *Gemeinnützige Naturgeschichte des Thierreichs*. Berlin – Stralsund, Lange, 1780-84. 5 köt. 8° – H
- 33.) BOURGUET, Louis: *Lettres philosophiques sur la formation des sels et des cristaux et sur la génération et le mécanisme organique des plantes et des animaux*. Amszterdam, l'Honore, 1729. [44], 220 p. 8° – BN
- 34.) BUCHOZ, Pierre Joseph: *Oekonomisch-physikalische Abhandlung vom Federvieh*. Bécs, Trattner, 1785. [32], 256 p. 8° – B
- 35.) BUFFON, George Louis Leclerc: *Histoire naturelle des oiseaux*. Párizs, Impr. Royale, 1770-80. 14 köt. 8° – B
- 36.) BUFFON, George Louis Leclerc: *Allgemeine Naturgeschichte*. Berlin, Pauli, 1771-74. 7 köt. 8° – B
- 37.) BUFFON, George Louis Leclerc: *Naturgeschichte der Vögel*. Berlin, Pauli, 1772-77. 6 köt. 8° – B
- 38.) BUFFON, George Louis Leclerc: *Oeuvres complètes : histoire naturelle, générale et particulière*. Párizs, Impr. Royale, 1774-85. 43 köt. 8° – B
- 39.) BUFFON, George Louis Leclerc: *Naturgeschichte der vierfüssigen Thiere*. Troppau, s. n., 1785-86. 2 köt. 8° – BN
- 40.) CAIUS, John: *De canibus Britannicis, lib. 1. : De rariorum animalium et stirpium historia, lib. 1. De libris propriis, lib. 1. De pronunciatione Graecae et Latinae linguae*. London, Davis, 1729. XV, 249, [7] p. 8° – BN
- 41.) CARENO, Luigi: *Ueber die Kuhpocken: eine Volksschrift*. Bécs, Camesina, 1801. [8], 30, [2] p. 8° – BN
- 42.) CARENO, Luigi: *A tehén-himlőröl* (ford. BÉRCZY János). Pest, 1802. 123 p. 8° – H
- 43.) CAVENDISH, William: *Die neueste Lehr-Art und besondere Erfindung die Pferde zu dressiren, oder abzurichten und zu arbeiten, und zwar nach der Natur, welche durch subtile Kunst-Griffe zur Vollkommenheit gebracht wird*. Nürnberg, Lochner, 1729. [30], 470 p. 8° – H
- 44.) CHRIST, Johann Ludwig: *Anweisung zur nützlichsten und angenehmsten Bienezucht*. Frankfurt – Lipcse, Fleischer, 1783. XLVIII, 354, [14] p. 8° – B
- 45.) CONRAD, József: *Philosophia historiae naturalis*. Bécs, Schulz, 1779. 84 p. 8° (2 példányban) – B
- 46.) COULET, Etienne: *Tractatus historicus de ascaridibus, et lumbrico lato*. Leiden, Potuillet, 1729. [32], 228, [1] p. 8° – B
- 47.) CRAMER, Pieter: *De uitlandische kapellen voorkomende in de drie waereld-deelen Asia, Africa en America / Papillons exotiques des trois parties du monde l'Asie, l'Afrique et l'Amerique*. Amszterdam – Utrecht, Baalde – Wild, 1779-84. 3 köt. 4° – B
- 48.) CUVIER, Georges: *Le règne animal*. Párizs, Deterville, 1817. 4 köt. 8° – B
- 49.) CSEKONICS, József: *Praktische Grundsätze die Pferdezzucht betreffend*. Pest, s. n., 1817. XVIII, 232 p. 8° – BN
- 50.) CSIBA, Mihály István: *Dissertatio historico-physica de montibus Hungariae*. Nagyszombat, Typis Academicis, 1714. [4], 140, [5] p. 8° – H
- 51.) DECKER, Johann Matthias: *Naturgeschichte aus den besten Schriftstellern mit Merianischen und neuen Kupfern*. Heilbronn, Eckebrechtische, 1774-78. 4 köt. 2° – B

- 52.) DENIS, Michael & SCHIFFERMÜLLER, Ignaz: *Ankündigung eines systematischen Werkes von den Schmetterlingen der Wienergegend*. Bécs, Bernardi, 1775. [2], 322, [1] p. 4° – H
- 53.) DEZALLIER, Antoine-Joseph: *L'histoire naturelle éclaircie dans deux de ses parties principales, la lithologie et la conchyliologie, dont l'une traite des pierres et l'autre des coquillages*. Párizs, Chez de Bure l'ainé, 1742. [8], 394. 4° – H
- 54.) DONOVAN, Edward: *Natur-Geschichte der chinesischen Insekten*. Lipcse, Industrie Comptoir, s. a. 40 p. 4° – B
- 55.) DRURY, Dru: *Abbildungen und Beschreibungen exotischer Insekten, mit sein illuminirten Kupfertafeln*. Nürnberg, Winterschmidt, s. a. [4], 203, [5] p., 22 t. 4° – B
- 56.) DUBOIS de JANCIGNY, Jean-Baptiste: *Tableau annuel des progrès de la physique, de l'histoire naturelle et des arts*. Varsó, Poser, 1772. XVI, 530, [2] p. 8° – B
- 57.) EBERT, Johann Jacob: *Naturlehre für die Jugend*. Lipcse, Weidmann, 1776-77. 3 köt. 8° – B
- 58.) ÉDER, Xavér Ferenc: *Descriptio provinciae Moxitarum in regno Peruano quam e scriptis posthumis Franz Xav. Eder e Soc. Jesu annis XV. sacri apud eosdem curionis digessit, expolivit, et adnotatiunculis illustravit abb. et consil. reg. Mako*. Buda, Typis Universitatis, 1791. XVIII, 383 p., 10 t. 8° – BN
- 59.) EICHHORN, Johann Conrad: *Beyträge zur Naturgeschichte der kleinsten Wasserthiere die mit blosser Auge nicht können gesehen werden und die sich in den Gewässern in und um Danzig befinden*. Berlin – Stettin, Nicolai, 1781. 94 p., 8 t. 8° – H
- 60.) ELLIS, Jean: *Essai sur l'histoire naturelle des corallines*. Hága, Hondt, 1756. XVI, 125, [3] p., 39 t. 4° – B
- 61.) ESPER, Eugen Johann Christoph: *Die Schmetterlinge in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen*. Erlangen, Walthers, 1777-86. 5 köt. 4° – B
- 62.) EYRICH, Johann Leonhard: *Gesammelte und nach Vernunft und Erfahrung geprüfte Nachrichten von der Winterung der Bienen*. Nürnberg, Zeh, 1774. 110 p. 8° – B
- 63.) FICHEL, Johann Ehrenreich von: *Beytrag zur Mineralgeschichte von Siebenbürgen*. Nürnberg, Verlag der Raspischen Buchhandlung, 1780. 158 p., 7 t. 4° – H
- 64.) FICHEL, Johann Ehrenreich von: *Mineralogische Bemerkungen von den Karpathen*. Bécs, Kurzbeck, 1791. 2 köt. 8° – B
- 65.) FICHEL, Leopold von: *Testacea microscopica aliaque minuta ex generibus Argonauta et Nautilus = Microscopische und andere kleine Schalthiere aus den Geschlechtern Argonaute und Schiffer*. Bécs, Camesina, 1803. XII, [4], 123, [1] p., 24 t. 4° – B
- 66.) FISCHER, Gottlob Eusebius: *Vollständiges Handbuch einer technologischen und ökonomischen Naturgeschichte für deutsche Bürger, Landwirthe und ihre Kinder : des ersten Theils, oder der Thierbeschreibung*. Lipcse, Gerhard, 1797. XIV, [2], 264 p., 14 t. 8° – BN
- 67.) FORSSKÁL, Peter: *Descriptiones animalium*. Kopenhága, Möller, Heineck & Faber, 1775. 164 p. 4° – B
- 68.) FOURCROY, Antoine François de: *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*. Párizs, Cuchet, 1791. 5 köt. 8° – B
- 69.) FRANZ, Wolfgang: *Historia animalium*, Drezda, Hübner, 1687. [46], 326 p. 12° – H
- 70.) FRANZ, Wolfgang: *Historia animalium*. Frankfurt – Lipcse, Lesch, 1712. 2 köt. 4° – B
- 71.) FRIDVALSZKY, János: *Mineralogia magni principatus Transsylvaniae*. Kolozsvár, Typis Academicis Societatis Iesu, 1767. [8], 206, [6] p., 5 t. 4° – BN
- 72.) FUNKE, Carl Philipp: *Abbildung und Beschreibung der merkwürdigsten Gegenstände aus dem Thier-, Pflanzen- und Mineralreich*, Bécs, Haas, 1812. [4] p., 24 t. – H

- 73.) GÁTI, István: *A természet históriája*. Máramarossziget, s. n., 1792. 32 p. 8° – BN
- 74.) GERMERSHAUSEN, Christian Friedrich: *Das Ganze der Schafzucht aus Beurtheilung u. Berichtigung älterer u. neuerer Theorien nach Gründen und Erfahrung*. Lipcse, Junius[?], 1789-90. 2 köt. 8° – BN
- 75.) GLATZ, Jakob: *Naturhistorisches Bilder- und Lese-Buch*. Reutlingen, Mäck, 1803. 360 p. 8° – B
- 76.) GLEICHEN, Wilhelm Friedrich von: *Abhandlung über die Saamen- und Infusionstierchen*. Nürnberg, Winterschmidt, 1778. XII, 171, [1] p., 32 t. 4° – B
- 77.) GOTTHARD, Johann Christian: *Das Ganze der Rindviehzucht*. Erfurt, s. n., 1804. VI, 368 p. 8° – BN
- 78.) GRONOVIVS, Laurentius Theodorus: *Zoophylacii Gronoviani fasciculus primus*. Leiden, sumpt. auct., 1763. [4], 136, II. p. 13 t. 2° – B
- 79.) GROSSINGER, János: *Universa Historia Physica regni Hungariae secundum tria regna naturae digesta*. Pozsony, Weber, 1793-97. 5 köt. 8° – BN
- 80.) GUALTERI, Nicolaus: *Index testarum conchyliorum quae adservantur in musaeo Nicolai Gualteri*. Firenze, Albizzini, 1742. XXIII p., 110 t, [1] p. 2° – B
- 81.) HANDERLA, György: *Új méhész, vagy-is a méheknek magyar hazánkhöz alkalmaztatott gondviselése*. Pozsony, Weber, 1810. VI., [2], 174 p. 8° – B
- 82.) HARVEY, William: *Exercitationes de generatione animalium*. Hága, Leers, 1680. [32], 582, [8] p. 8° – B
- 83.) HASTFER, Friedrich Wilhelm: *Ausführlicher Unterricht von der Zucht und Wartung der besten Art von Schafen*. Lipcse, Heinsius, 1785. XXIV, 248 p. 8° – BN
- 84.) HELMUTH, Johann Heinrich: *Gemeinnützige Naturgeschichte des In- und Auslandes*. Bécs, Doll, 1808. 8 köt. 8° – B
- 85.) HERBST, Johann Friedrich Wilhelm: *Versuch einer Naturgeschichte der Krabben und Krebse*. Berlin – Stralsund, Lange, 1790-99. 3 köt. 4° – B
- 86.) HIRSCH, J. CH. (1764): *Der redliche Schäffer, oder umständliche Beschreibung einer Schäfferey*. Anspach, Posch, 1764. 118, [6] p., s1 t. 8° – B
- 87.) HIVER, Joseph: *Englische Zucht und Behandlung der Pferde*. Bécs, Wappler, 1783. [2], 109 p. 8° – B
- 88.) HOFFMANN, Gottfried Daniel: *Observationes circa Bombyces, Sericum et Moros ex antiquitatum, historiarum, juriumque penu depromptae*. Tübingen, Erhard, 1757. 48 p. 8° – B
- 89.) HOFFMANNSEGG, Johann Centurius von: *Reise des Grafen von Hofmannsegg in einige Gegenden von Ungarn bis an die türkische Gränze : ein Auszug aus einer Sammlung von original Briefen*. Görlitz, Anton, 1800. VIII, 246, [1] p. 8° – BN
- 90.) HÖCK, Johann Daniel Albrecht: *Oekonomische Abhandlung von der Schweinszucht*. Frankfurt, Jäger, 1792. 38 p. 8° – H
- 91.) HÖGELMÜLLER, Georg von & WOLSTEIN, Johann Gottlieb: *Tractatus de vulnerationibus equorum, per arma instictis, pro veterinariis belli tempore*. Bécs, Comesina, 1803. IV., 194. p. 8° – H
- 92.) HOLLANDRE, François: *Planches pour l'abrégé d'histoire naturelle*. Zweibrücken, Sanson & Comp., 1790. 2 köt. 8° – B
- 93.) HOLLANDRE, François: *Abrégé d'histoire naturelle des quadrupèdes vivipares et des oiseaux*. Zweibrücken, Sanson & Comp., 1790. 6 köt. 8° – H
- 94.) JACQUIN, Nicolaus Joseph: *Miscellanea Austriaca ad Botanicam, Chemiam, et historiam naturalem spectantia*. Bécs, Kraus, 1778-81. 2 köt. 4° – B

- 95.) JANSCHA, Anton: *Hinterlassene vollständige Lehre von der Bienenzucht*. Bécs, Kurzbeck, 1790. [8], 204, [10] p., 4 t. 8° – B
- 96.) JAUFFRET, Louis-François: *Voyage au jardin des Plantes*. Párizs, Houel, 1797. VIII, 244 p. 8° – H
- 97.) JONSTON, Jan: *Historiae naturalis de avibus libri VI*. Frankfurt – Lipcse, Merian, 1650. 227 p. 62 t. 2° – H
- 98.) JONSTON, Jan: *Theatrum universale omnium animalium quadrupedum*. Heilbronn, Eckebrecht, 1755. [8] fol., 236 p., 80 t. 2° – B
- 99.) \*JONSTON, Jan: *Ioannis Jonstoni theatrum universale de avibus*. Heilbronn, Lannoy, 1756. [8], 238, [10] p., 62 t. 2° – B
- 100.) JONSTON, Jan: *Historiae naturalis de serpentibus libri duo*. Heilbronn, Eckebrecht, 1757. 55, [3] p. 2° – B
- 101.) JONSTON, Jan: *Historiae naturalis de piscibus et cetis libri V*. Frankfurt, Merian, [1650]. 228, [10] p. 2° – B
- 102.) JONSTON, Jan: *Historiae naturalis de quadrupedibus libri*. Frankfurt, Merian, 1652[?]. [2], 231, [5] p., 80 t. 2° – B
- 103.) KERESZTÜRI, József, REIFF, Jakab Ignác & TICHY, István: *Tentamen publicum ex regno animali quod in regia universitate Budensi anno 1779 subibunt*. Buda, Typis Regiae Universitatis, 1779. 46 p. 8° – B
- 104.) KLEEMANN, Christian Friedrich Carl: *Beiträge zur Natur- und Insektengeschichte*. Nürnberg, Bauer und Raspe, 1792. 2 köt. 4° – H
- 105.) KLEIN, Mihály: *Sammlung der merkwürdigsten Naturseltenheiten des Königreiches Ungarn*. Pozsony & Lipcse, Löwe, 1778. [15], 126, [17] p. 8° – BN
- 106.) KLEIN, Jacob Theodor: *Historiae avium prodromus*. Schmidt, Lübeck, 1750. [16], 238 p. 4° – B
- 107.) KLEIN, Jacob Theodor: *Descriptiones tubulorum marinorum*. Danzig & Lipcse, Gleditsch, 1773. 44 p., 10 t. 4° – B
- 108.) KLOBB, Heinrich Eduard: *Abhandlung von den Hauptkrankheiten und Verhalten der Schaaf*. Regensburg, Montag, 1790. 77 p. 8° – B
- 109.) KOCZIAN, Anton: *Prüfung der Ursachen von der Hornviehseuche*. Bécs, Kurzböck, 1769. [2], 174, [2] p. 8° – BN
- 110.) KRAUS, Johann Ernst: *Der edle Gestütt-Garten oder aufrichtige Anleitung zur Gestütt- und Pferd-Zieglung, auch Maulthier-Zucht; Die Instruction eines Gestütt-Meisters, die Futter-Ordnung, und der Nutzen von der Fohlen und Maulthier-Zucht*. Rüdiger, Nürnberg, 1724. 233 p. 8° – BN
- 111.) KRÜGER, Johann Gottlob: *Naturlehre* (II-III.). Halle, Hemmerde, 1748-50. 2 köt. 8° – B
- 112.) KRÜGER, Johann Gottlob: *Naturlehre, nebst Kupfern und vollständigen Register*. Halle, Hemmerde, 1771. XXII, [1], 920 p., 14 t. 8° – B
- 113.) KRÜGER, Johann Gottlob: *Elementa philosophiae naturalis*. Kolozsvár, Colleg. Ref., 1774. [16], 386, [28] p. : 1 t. 8° – B
- 114.) KRÜGER, Johann Gottlob: *Philosophia naturalis experimentis confirmata*. Halle, Hammerde, 1753. [16], 992, [62] p., 14 t. 8° – B
- 115.) LA CÉPÈDE, Bernard-Germin Étienne: *Histoire naturelle des quadrupèdes ovipares et des serpens*. Párizs, Hotel de Thou, 1788-90. 4 köt. 8° – BN
- 116.) LEVAILLANT, François: *Histoire naturelle des oiseaux d'Afrique*. Párizs, Fuchs & Delachaussée, 1799-1806. 5 köt. 4° – B

- 117.) LINNÉ, Carl von: *Vollständiges Natursystem*. Nürnberg, Raspe, 1773-76. 9 köt. 8° – BN
- 118.) LINNÉ, Carl von: *Entomologia, Faunae Suecicae descriptionibus aucta*. Lyon, Delamollier, 1789. 4 köt. 8° – BN
- 119.) LIPPAY, János: *Posoni kert*. Győr, Streibig, 1753. [2], 686, [10] p. 4° – H
- 120.) LOSSIUS, Friedrich David: *Die beste und natürlichste Behandlung der Schaafte dieselben vor allerlei bössartigen Zufällen zu verwahren und die Schäfereien in Aufnahme zu bringen*. Lipsce, Böhme, 1791. 16, [10], 260 p. 8° – B
- 121.) LÖHNEISEN, Georg Engelhard von: *Neu-eröffnete Hof-Kriegs- und Reit-Schul, das ist gründlicher Bericht della cavalleria, oder von allen, was zur Reuterey gehörig und einem Cavalier davon zu wissen gebühret, nach den ersten titul dieses überaus rar-wordenen Buches, welches aber-anjezt in einem gantz andern Stand gesetzt, verneuert, und mit ausführlichen schönen Noten, auch gantzen Capiteln vermehret und verbessert worden*. Nürnberg, Lochner, 1729. [30], 66, 96, 114 p., 4 t. 2° – B
- 122.) MARTINI, Friedrich Heinrich Wilhelm: *Allgemeine Geschichte der Natur in alphabetischer Ordnung mit vielen Kupfern nach Bomarischer Einrichtung*. Berlin, Pauli, 1774-78. 4 köt. 8° – B
- 123.) MATTIOLI, Pietro Andrea: *Commentarii secundo aucti, in libros sex Pedacii Dioscoridis Anazarbei de medica materia. Adiectis quam plurimis plantarum, & animalium imaginibus, quae in priore ed. non habentur*. Velence, Valgrisius, 1558. [100], 776 p. ; 50 p. 2° – B
- 124.) MATTIOLI, Pietro Andrea: *Commentarii secundo aucti, in libros sex Pedacii Dioscoridis Anazarbei de medica materia. Adiectis quam plurimis plantarum, & animalium imaginibus, quae in priore ed. non habentur*. Velence, Valgrisius, 1559. [82], 776 p. 2° – B
- 125.) MÁTYUS, István: *Ó és új diaetetica az az, Az életnek és egésségnek fenn-tartására és gyámolgatására Istentől adattott nevezetesebb természeti eszközöknek a szerint való élé-számlázása a mint azokra reá kaptak, és eleitől fogva min ez ideig magok károkra vagy hasznokra vélek éltek az emberek*. Pozsony, Landerer, 1787-92. 5 köt. 8° – B
- 126.) MEISNER, C. H. [= TOUCHY, Ferdinand Christian]: *Handbuch zum nützlichen Gebrauche für Pferdeeigenthümer, Bereiter, Pferdeverleiher und für Stadt- und Dorfschmiede; oder gründlicher Unterricht, wie gute Pferde zu erziehen, und wie die gewöhnlichen Krankheiten dieser Thiere geschwinde und sicher zu heilen; deßgleichen, wie man sich beym Einkaufe der Pferde zu verhalten habe, um nicht von den Roßhändlern betrogen zu werden*. Lipsce, s. n., 1806. 436 p. 8° – H
- 127.) MELLIN, August Wilhelm von: *Versuch einer Anweisung zur Anlegung, Verbesserung und Nutzung der Wildbahnen sowohl im Freyen als in Thiergärten*. Pauli, Berlin – Stettin, 1779. XXI, 356 p. 4° – B
- 128.) MICHELET, Jules: *Aus den Lüften – Das Leben der Vögel*. Wolff, Berlin, 1859. [2], 281 p. 8° – B
- 129.) MISKOLCZI, Gáspár: *Egy Jeles Vad-Kert*. Kolozsvár, s. n., 1769. [16], 731, [5] p. 8° – H
- 130.) MITTERPACHER, Lajos: *Elementa rei rusticae in usum academiaram regni Hungariae*. Buda, Typis Regiae Universitatis, 1777-94. 3 köt. 8° – B
- 131.) MITTERPACHER, Lajos: *Elementa rei rusticae in usum academiaram regni Hungariae (I-II)*. Buda, Typis Regiae Universitatis, 1777-79. 2 köt. 8° – BN
- 132.) MITTERPACHER, Lajos: *Elementa rei rusticae in usum academiaram regni Hungariae (I)*. Buda, Typis Regiae Universitatis, 1777. 196 p. 8° – B
- 133.) MITTERPACHER Lajos & PILLER Mátyás: *Iter per Poseganam Sclavoniae provinciam mensibus Junio, et Julio Anno 1782*. Buda, Typis Regiae Universitatis, 1783. 147 p., 10 t. 4° – BN



- 134.) MONCEAU, Henri Louis Duhamel du – SCHREBER, D. G.: *Allgemeine Abhandlung von den Fischereyen Atlas*. Lipcse – Königsberg, Kanter, 1773. [10], 204 p., 21 t.; 438 p., 50 t.; 328 p., 15 t. 4° – B
- 135.) NEEDHAM, John Turberville: *Nouvelles observations microscopiques, avec des découvertes intéressantes sur la composition et la décomposition des corps organisés*. Ganeau, Párizs, 1750. 18, 524 p., 8 t. 8° – B
- 136.) PALLAS, Peter Simon: *Miscellanea zoologica, quibus novae imprimis atque obscurae animalium species describuntur et observationibus iconibusque illustrantur*. Hága, Cleef, 1766. [10], 224 p., 14 t. 4° – BN
- 137.) PETÉNYI, Salamon János: *Pár szó az emlősökről általában és a magyarhoniakról különösen*. Pest, Trattner-Károlyi, 1844. 15 fol. 4° – B
- 138.) PETHE, Ferenc: *Pallérozott mezei gazdaság*. Sopron, Szüz, 1805. 3 köt. 8° – B
- 139.) PETHE, Ferenc: *Pallérozott mezei gazdaság* (I). Sopron, Szüz, 1805. XXXX, 776 p. 8° – B
- 140.) PETHE, Ferenc: *Természet-történet és mesterségtudomány a tanítók és tanulók szükségekre s az ebben gyönyörködők hasznokra*. Bécs, Nemzeti Gazda Hivatal, 1815. 523, [1] p., 49 t. 8° 2 péld. – BN
- 141.) PETHE, Ferenc: *Időpróféta vagy időváltozást jövendölő pókok*. Pest, Trattner, 1816. 60 fol., 1 t. 8° – B
- 142.) PILLER, Mátyás: *Elementa historiae naturalis in usum scholarum grammaticarum et gymnasiorum per regnum Hungariae et provincias eidem adnexas*. Buda, Typ. Regiae Univ., 1779-81. 3 köt. 8° – B
- 143.) PLUCHE, Noel-Antoine: *Neuer Schauplatz der Natur oder Beyträge zur Verherrlichung Gottes und zur Ausbreitung gemeinnütziger Kenntnisse in einem freyen Auszuge des Plüschischen Werkes mit neuen Erfahrungen vermehrt und verbessert* (I). Frankfurt – Lipcse, Monath, 1772. [14], 552 p. 8° – H
- 144.) PLUCHE, Noel-Antoine: *Le spectacle de la nature ou Entretiens sur les particularités de l'histoire naturelle*, Neaulme, Hága, 1735-39. 4 köt. 12° – B
- 145.) PRAY, György: *De institutione ac venatu falconum libri duo*. Nagyszombat, Typ. Acad. SJ, 1749. [6], 54 p. 8° – BN
- 146.) PRIZELIUS, Johann Gottfried: *Handbuch der Pferdewissenschaft zu Vorlesungen*. Lemgo, Mayer, 1775. 160 p. 8° – B
- 147.) RAFF, Georg Christian: *Naturgeschichte für Kinder*. Göttingen, Dieterich, 1785. [16], 800, [10] p., 14 t. 8° – B
- 148.) RAFF, Georg Christian: *Naturgeschichte für Kinder*. Tübingen, Balz und Schramm, 1788. 258 p., 4 t. 8° – H
- 149.) RÉAUMUR, René-Antoine Ferchault de: *Memoires pour servir a l'histoire de insectes*. Amszterdam, Mortier, 1737-41. 10 köt. 8° – B
- 150.) RÉAUMUR, René-Antoine Ferchault de: *Art de faire éclore et d'élever en toute saison des oiseaux domestiques de toutes especes, soit par le moyen de la chaleur du fumier, soit par le moyen de celle du feu ordinaire*. L'Imprimerie Royale, Párizs, 1749. 2 köt. 8° – B
- 151.) REDI, Francesco: *Experimenta circa res diversas naturales, speciatim illas quae ex Indiis adferuntur*. Amszterdam, Frisius, 1675. 193, 111, 72, 52 p. 8° – BN
- 152.) REIMARUS, Hermann Samuel: *Allgemeine Betrachtungen über die Triebe der Thiere, hauptsächlich über ihre Kunst-Triebe*. Hamburg, Bohn, 1760. [16], 410, [23] p. 8° – H
- 153.) RICHTER, Adam Daniel: *Lehrbuch einer Naturhistorie*. Fulda, Stahel, 1775. 258 p. 8° – BN

- 154.) RIEM, Johann: *Fundamentalgesetze zu einer perennierenden Kolonie-Bienenpflege in zusammengesetzten Halbwohnungen*. Mannheim & Berlin, Schwan & Decker, 1775. XX, 424, [4] p. 1 t. 8° – B
- 155.) ROHLWES, Johann Nicolaus: *Baromorvos könyv* (ford. Pethe, F.). Kolozsvár, Nemzeti Gazda, 1814. 210 p., 1 t. 8° – H
- 156.) ROSKOSCHNIK, Johann: *Nachricht von den nach Bontzhida in Siebenbürgen gekommenen Zugheuschrecken, ihrem Aufenthalte daselbst und ihrer Ausrottung, nebst einigen die Naturgeschichte derselben betreffenden Bemerkungen*. Pozsony, Löwe, 1782. 14 p., 1 t. 8° – B
- 157.) ROUSSELOT, Jacques-Philibert: *Mélanges intéressans et curieux ou abrégé d'histoire naturelle, morale, civile et politique de l'Asie, l'Afrique, l'Amérique et des Terres Polaires*. Párizs, s. n., 1763. 288 p. 12° – B
- 158.) RÖSEL, August Johann: *Historia naturalis Ranarum nostratium = Die natürliche Historie der Frösche hiesigen Landes*. Nürnberg, Steinin, 1800. [10], VII, 115 [1] p., 24 t. 2° – BN
- 159.) RÖSEL, August Johann: *Naturgeschichte der Froesche des Mittleren Teutschlands*. Nürnberg, Stein, 1800-01. 70 p., 21 t. 2° – BN
- 160.) RUMPF, Georg Eberhard: *Thesaurus imaginum piscium testaceorum: quales sunt cancri, echini, echinometra, stellæ marinæ, etc.* Leiden, Aa, 1711. [6], 15, [8] p., 60 t. 2° – B
- 161.) RUMPF, Georg Eberhard: *Amboinische Raritätenkammer*. Bécs, Kraus, 1766. CXXVIII, [2], 200, [4] p., 49 t. 4° – B
- 162.) SAUNIER, Jean de: *La parfaite connoissance des chevaux*. Hága, Moetjens, 1734. [8], 264 p., 61 t. 2° – B
- 163.) SAUVAGES, Boissier de: *Della maniera di far nascere, e di nutrire i bachi da seta; Della coltivazione de gelsi; Sull'origine del mele*. Milánó, Galeazzi, 1765. 2 köt. 8° – B
- 164.) SCHÄFFER, Jacob Christian: *Die Sattelfliege*. Regensburg, Weiss, 1753. [4], 20 p., 1 t. 4° – B
- 165.) SCHÄFFER, Jacob Christian: *Die Armpolypen in den süßsen Wassern um Regensburg*. Weiss, Regensburg, 1754. 84 p. 4° – B
- 166.) SCHÄFFER, Jacob Christian: *Abhandlungen von Insekten*. Regensburg, Montag, 1764. 2 köt. 8° – B
- 167.) SCHÄFFER, Jacob Christian: *Piscium Bavarico-Ratisbonensium pentas*. Regensburg, Montag & Weiss, 1761. [12], 82 p., 4 t. 4° – B
- 168.) SCHINDELMAYER, Karl Robert: *Merkwürdigkeiten der Welt, oder vorzügliche Erscheinungen der Natur und Kunst*. Bécs, Schrämbl, 1806-08. 4 köt. 4° – B
- 169.) SCHMAHLING, Ludwig Christoph: *Naturlehre für Schulen*. Göttingen & Gotha, Dietrich, 1774. [40], 93 p. 8° – B
- 170.) SCHMIDT, Johann Gottlieb: *Kupfertafel zu Blochs Fischen*. s. l., s. n., s. a. – H
- 171.) SCHRÖTER, Johann Samuel: *Abhandlungen über verschiedene Gegenstände der Naturgeschichte*. Halle, Gebauer, 1776-77. 2 köt. 8° – B
- 172.) SCILLA Agostino: *De corporibus marinis lapidescentibus quae defossa reperiuntur*. Róma, Zempel, 1759. [4], 82, [6] p., 28 t. 4° – BN
- 173.) SCOPOLI, Giovanni Antonio: *Entomologia carniolica exhibens insecta Carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates, methodo linnaeana*. Bécs, Trattner, 1763. [35], 420, [1] p. 8° – BN
- 174.) SCOPOLI, Giovanni Antonio: *Einleitung zur Kenntniss und Gebrauch der Fossilien*. Riga & Mietau, Hartknoch, 1769. [18], 195 p. 8° – B

- 175.) SCOPOLI, Giovanni Antonio: *Deliciae florae et faunae Insubricae*. Pavia, Typographia Reg. & Imp. Monasterii S. Salvatoris, 1786. [4], IX, 86 p., 25 t. 2° – H
- 176.) SEBA, Albert: *Locupletissimi rerum naturalium thesauri accurata descriptio*. Amszterdam, Waesberg, 1734-65. 4 köt. 2° – B
- 177.) SELL, Godefried: *Historia naturalis teredinis seu xylophagi marini, tubulo-conchoidis speciatim Belgici*. Utrecht, Besseling, 1733. [34], 375 p. 4° – BN
- 178.) SEVERINI, János: *Tentamen zoologiae Hungaricae*. Pozsony, Patzko, 1779. [2], 111 p. 8° 2 péld. B
- 179.) SIND, Johann Baptist von: *Gründlicher Unterricht von der Pferdezzucht*. Frankfurt & Lipcse, Brönner, 1769. [24], 231 p., 2 t. 8° BN
- 180.) SPENER, Christian Maximilian: *Catalogus Zahlreicher, nützlicher, und sonderbahrer von Natur- und Kunst gebildeter Seltenheiten*. Berlin, Schlechtiger, 1718. 208 p. 8° – B
- 181.) STÜTZ, Andreas: *Neue Einrichtung der k. k. Naturalien Sammlung zu Wien*. Bécs, s. n., 1793. XVI, 174 p. 8° – B
- 182.) SULZER, Johann Georg: *A természet szépségéről való beszélgetések* (ford. SÓFALVI, József). Kolozsvár, Ref. Koll., 1778. 210 p. 8° – B
- 183.) SZENT-GYÖRGYI, József: *A legnevezetesebb természeti dolgok esmérati* (I). Debrecen, Szigethy, 1803. XXXII, 330 fol., [17] fol., 19 t. 8° – H
- 184.) SZENTIVÁNYI, Márton: *Curiosiora et selectiora variarum scientiarum miscellanea*. Nagyszombat, Typis Academicis, 1702. 3 köt. 8° – BN
- 185.) SZIGETI, Gyula: *Méhész könyv*. Nagyenyed, s. n., 1763. [1], 46, [11] p. 8° – H
- 186.) TAM, Franz Joseph von: *Vierfaches Kleeblatt : Hilfsmittel für Horn-, Schaf-, Pferd- und Federvieh*. Bécs & Prága, Trattner, 1764. 605 p., 2 t. 8° – BN
- 187.) TESSEDIK, Sámuel: *A paraszt ember Magyar Országban*, Engel, Pécs, 1786. [2], 508 p., 1 t. 8° – BN
- 188.) TOLNAY, Sándor: *A lovak külső szép, vagy rút termetek s hibái meg-esméréséről, és azoknak belső, s külső betegségeik orvoslásáról*. Buda, Magyar Királyi Univerzítás, 1816. [5] fol., 218 p., 1 t. 8° – B
- 189.) TOLNAY, Sándor: *Oktatás a marha dögnék megelőzéséről és orvoslásáról*. Buda, Magyar Királyi Univerzítás, 1816. 8° – B
- 190.) TURÓCZY László: *Ungaria suis cum regibus compendio data*. Nagyszombat, Typis Academicis, 1729. 245, [5] p. 8° – B
- 191.) TURÓCZY, László: *Ungaria suis cum regibus compendio data*. Nagyszombat, Typis Academicis, 1768. VIII, 631 p. 8° – BN
- 192.) VALENTINI, Michael Bernhard: *Amphitheatrum zootomicum*. Frankfurt, Zunner & Jung, 1720. [21], 114, [5] p. 2° – B
- 193.) VALERIUS, Cornelius: *Physicae, seu de naturae philosophia institutio*. Antwerpen, Moretus, 1593. 92, [2] p., 1 t. 8° – B
- 194.) WEIGEL, Johann Christoph: *Deutliche Abbildung einer wohlbestellten Reitschule*. s. l., s. n., s. a. – H
- 195.) WERNER, Abraham Gottlob: *Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien*. Bécs, Trattner, 1785. 237, [1] p. 8° – B
- 196.) WILHELM, Gottlieb Tobias: *Unterhaltungen aus der Naturgeschichte*. Bécs, Pichler, 1808-13. 12 köt. 8° – BN

- 197.) WINTER, Georg Simon: *Hippiater expertus, seu medicina equorum absolutissima, tribus libris comprehensa*. Nürnberg, Endter, 1678. [15], 490, [9] p. 2° – B
- 198.) WINTER, Georg Simon: *Tractatio nova et auctior de re equaria, complectens partes tres = Neuer und vermehrter Tractat von der Stuterey, oder Tohlen-Zucht, in drey Haupt-Theile unterschieden*. Nürnberg, Endter, 1703. [22], 223 p. 2° – B
- 199.) WOLFART, Peter: *Historiae naturalis Hassiae Inferioris pars prima / Der Natur-Geschichte Nieder-Fürstenthums Hessen*. Cassel, Harmes, 1719. 52 p., 25 t. 2° – B
- 200.) WOLFF, Christian: *Allerhand nützliche Versuche, dadurch zu genauer Erkänntniss der Natur und Kunst der Weg gebähnet wird, denen Liebhabern der Wahrheit mitgetheilet*. Halle, Renger, 1727. [14], 599, [9] p., 17 t. 8° – BN
- 201.) WOLFF, Christian: *Vernünfftige Gedancken von dem Gebrauche der Theile in Menschen, Thieren und Pflanzen*. Frankfurt & Lipcse, Renger, 1730. 746 p. 8° – B
- 202.) WURFFBAIN, Johann Paul: *Salamandrologia*. Nürnberg, Scheurer & Spörlin, 1683. [6], 133, [17] p, 4 t. 4° – B
- 203.) ZEHENTNER, Joseph Christoph: *Gründliche Abhandlung der Kunst, Pferde zu kennen*. Frankfurt & Lipcse, Straus, 1775. [19] fol., 344 S., [5] fol., 6 t. 8° – BN
- 204.) Szerző nélkül: *Der nach medicinischen Lehrsätzen sicher und gewiss curirende Pferdearzt*. Lipcse, Gessner, 1752. [10], 280, [4] p. 8° – BN
- 205.) Szerző nélkül: *Wohlbewährte Fischgeheimnisse oder, Deutlichen Unterricht der grossen Nutzbarkeit der Fischerey*. Nürnberg, Bauer, 1758. [16], 288, [12] p. 8° – B
- 206.) Szerző nélkül: *Hinlängliche Anleitung zur Seidenzucht und zuverlässige Anweisung*. Ulm, Bartholomäi, 1767. [8], 68 p. 1 t. 8° – BN
- 207.) Szerző nélkül: *Anfangsgründe der Naturgeschichte*. Frankfurt & Lipcse s. n., 1777. 113, [23] p. 8° – H
- 208.) Szerző nélkül: *Kurze Natur-Geschichte des Thier-Reichs*. Nürnberg, Zehe, 1789. 112 p. 8° – B
- 209.) Szerző nélkül: *Ornithologie abrégée de la France*. Neuwied sur le Rhin, Société Typographique, 1794. 31, [1] p. 133 t. 4° – B
- 210.) Szerző nélkül: *Gründlicher Unterricht in der Taubenzucht*. Berlin, Maurer, 1800. [4], 43, [1] p. 8° – BN
- 211.) Szerző nélkül: *Von den Mitteln wider verschiedene den Menschen, Thieren und Erdfrüchten theils beschwerliche, theils schädliche Insekten und andere Thiere*. Graz, Kienreich, 1801. [3] fol., 204 p, [1] fol. 8° – B

## Zoological books of the founding book collection of the Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences

ÁGNES SALLAI<sup>1\*</sup> & ÁDÁM SZABÓ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences, Department of Library Systems & Technology, H-1051 Budapest, Arany János u. 1. \*E-mail: [sallai.agnes@konyvtar.mta.hu](mailto:sallai.agnes@konyvtar.mta.hu)

<sup>2</sup>Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences, Department of Manuscripts & Rare Books, H-1051 Budapest, MTA Palota, Széchenyi István tér 9. E-mail: [szabo.adam@konyvtar.mta.hu](mailto:szabo.adam@konyvtar.mta.hu)

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) 105(1–2): 3–28.

**Abstract.** Even if books on miscellaneous topics, mainly those broadly related to agriculture, are taken into consideration, the founding book collection of the Library and Information Centre of the Hungarian Academy of Sciences contains a relatively small number of zoological titles. Of the 30,000 volumes donated by Count JÓZSEF TELEKI on behalf of his family to the Academy, only 406 titles are related to zoology proper and only 47 of these can be regarded in one way or another as Hungarica. However, the small number of these books is not to be taken as an indication of the lack of interest in zoology on the part of the TELEKIS but rather as a reflection of the age itself. In spite of the spectacular development of the natural sciences in the course of the 18th and early 19th century, the importance they were to gain in the 20th century was not yet achieved. Moreover, and mainly due to the peculiar political-constitutional conditions of Hungary, other disciplines attracted more attention in that period. In view of this, the book collecting efforts of the TELEKIS deserve our praise and recognition: in addition to a number of titles by foreign authors, still renowned today, they aimed to purchase almost every book that was published on zoology in contemporary Hungary.

**Keywords:** TELEKI family, natural history, bibliography.

**Accepted:** 26.09.2019

**Published online:** 22.10.2019

## Nano-fémoxidok kulcsfontosságú talajállat csoportokra gyakorolt hatásainak áttekintése

KISS LOLA VIRÁG<sup>1\*</sup>, BOROS GERGELY<sup>1,2,3</sup>, SERES ANIKÓ<sup>1</sup> és NAGY PÉTER ISTVÁN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Állattani és Állatökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.

\*E-mail: [lolavirag.kiss@gmail.com](mailto:lolavirag.kiss@gmail.com)

<sup>2</sup>MTA Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, 2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2–4.

<sup>3</sup>MTA Ökológiai Kutatóközpont, GINOP Fenntartható Ökoszisztémák Kutatócsoport, 8237 Tihany, Klebelsberg K. u. 3.

**Összefoglalás.** A nanoszemcseméretű fém-oxidok kibocsájtása világviszonylatban egyre növekszik. Közvetve és közvetlenül is bekerülhetnek a talajba, ezáltal megnövekedhet az ott élő talajállat csoportokra kifejtett kockázatuk is. Bár jelenleg a különböző fajokon mért akut toxicitási határértékeket nem érik el a (modellek alapján számolt) környezeti koncentrációk, ezek az anyagok így is kifejthetnek hosszú távú káros hatásokat, továbbá bioakkumulációra és biomagnifikációra is képesek. Emellett idővel ezen anyagok környezeti koncentrációja előreláthatólag növekszik majd. Az összegyűjtött tanulmányok többsége már nem csak a letális hatások felderítésével, hanem érzékenyebb – környezeti- leg relevánsabb koncentrációk által kiváltott – végpontokkal is foglalkozik. Ezek a kísérletek jobban rá tudnak mutatni a nano-fémoxidok összetett hatásaira, amelyeket a környezetbe kerülve fejthetnek ki az élő rendszerekre. Továbbá jó iránynak tartjuk az egyedi hatásokon felüli, populációs szintű válaszok vizsgálatát is. Összesen 91 db tudományos munkát hivatkozunk ebben az összefoglaló dolgozatban, ebből 80 db foglalkozik konkrétan egyes nano-fémoxidok különböző talajállat csoportokra kifejtett hatásaival. A témában a legelső cikket 2006-ban publikálták. A vizsgálatok nagy része toxicitásbeli különbséget mutatott ki a nano- (1–100 nm) és a nagyszemcsés (>100 nm) fém-oxidok között, és a legtöbb esetben a kisebb szemcseméretűek bizonyultak toxikusabbnak. Ennek a pontos mechanizmusát viszont általában nem vizsgálják. Arról is kevés cikk számol be, hogy a mesterségesen előállított nano-fémoxidok viselkedése mennyiben tér el a természetes nano-fémoxidokétól, így kevésbé tudjuk megismerni a sorsukat a talajban. Fontos lenne speciálisan nano-mérettartományhoz kifejlesztett vizsgálati módszerek kidolgozása, mind a kémiai és fizikai tulajdonságok, mind a biológia hatások felderítésére.

**Kulcsszavak:** nano-fémoxid, talajállat, nanoökotoxikológia.

**Elfogadva:** 2019.09.26.

**Elektronikusan megjelent:** 2019.12.10.

## Bevezetés

### *Talajfauna szerkezete, szolgáltatásai*

A talajállatok aktívan vesznek részt a talaj jellemzőinek kialakításában, befolyásolják a talajok fizikai és kémiai tulajdonságait. Fontos szerepet játszanak a tápanyagok körforgalmában, a mineralizációban, a talajok strukturális változásaiban, a biotikus szabályozásban és a detoxifikációban is (BAKONYI et al. 2009, LAVELLE 2002). A talajállatokat csoportosíthatjuk funkció (lebontó, ragadozó, parazita) vagy a talajban töltött idő szerint (pl. permanensen vagy csak időszakosan otthonuk a talaj), illetve annak alapján, hogy mely talajréteg az élőhelyük (pl. aljnövényzet, talajfelszín vagy felsőbb talajrétegek). Testátmérőjük alapján mikro-, mezo- és makrofaunáról beszélhetünk. A mikrofaunához tartozó állatok (pl. állati egysejtűek, fonálférgék, kerekese férgek, medveállatkák) főképp a szerves és szervesetlen anyagok feltárásában, a mikrobiális biomassa szabályozásában, a nitrogén/szén körforgalomban töltenek be fontos szerepet. Emellett jelentős tápanyagbázist biztosítanak a mezo- és makrofauna ragadozóállományának, valamint egyes toxikus anyagok lebontásában is részt vesznek. A mezofauna a mikroorganizmusok szelektív fogyasztása révén fontos szabályozó szerepet tölt be, például az ide tartozó ugróvillások szelektíven fogyasztják a gomba és baktérium populációkat, mely által közvetett befolyásuk van a lebontó folyamatokra. Ezen felül a humifikációban is szerepük lehet, mivel a nagy mennyiségű ürüléktermeléssel táptalajt biztosíthatnak a lebontó szervezeteknek. Az ugróvillásoknak emellett szerepük van a mikorrhiza gombák terjesztésében (SERES & BAKONYI 2002, SERES et al. 2003) és jelentősek, mint a talajfauna ragadozóinak táplálékbazisa. A makrofauna tagjai az úgynevezett „talajmérnökök”. Ezek végzik a talaj aggregátumok képzését, befolyásolják a talaj levegőellátását, aprózódását és fontos szerepet tölthetnek be ragadozó szervezetként is. A gyűrűsférgék jelentősen befolyásolják a talaj minőségét, forgatják, keverik a talajt. Ürülékük sok tápanyagforrást tartalmazhat a növények vagy a mikroflóra tagjai számára.

### *Nano szemcseméretű fénoxidok a talajban*

A talajban a nano-fémoxidok hatása megváltozhat a föld feletti vagy vizes közegekhez képest. Ennek oka a talaj teljesen eltérő fizikai és kémiai struktúrája és komplexitása (BAKONYI et al. 2009). A talajba került nano-fémoxidok jelentősen átalakulhatnak (pórusvízben oldódhatnak, talajszemcséhez kötődhetnek, szerves anyagokkal reakcióba léphetnek), amelyek által megváltozhat a biológiai elérhetőségük, toxicitásuk. A nano-fémoxidok toxikus hatásait befolyásolhatja a talaj típusa (pH, szerves anyag tartalom, szervesetlen komplexek, szabad ionok, stb.), az adott anyag fizikai és kémiai tulajdonságai, de a terhelésnek kitett populáció, illetve egyed érzékenysége is.

A nano-mérettartományban az anyagok kémiai és fizikai tulajdonságai megváltoznak, megnő az anyagok biológiai elérhetősége és ezáltal növekedhet a toxicitása is. A nano-fémoxidok alapvető tulajdonságait, tesztelési nehézségeit és a fém-oxidok típusait már ismertettük előző összefoglaló cikkünkben (KISS et al. 2016). Bár méretükből adódóan átjuthatnak a talajpórusokon, nagy eséllyel kötődhetnek a talajszemcsékhez, agglomeráció (visz-

szafordítható) vagy aggregáció (nem visszafordítható) következhet be a részecskék között és ezáltal csökkenhet a biológiai elérhetőségük (DUNPHY GUZMAN et al. 2006, BAALOUSHA et al. 2009, SOKOLOV et al. 2015). A nano-fémoxidok megváltoztathatják a talajszemcsék felületét, így felmerülhet egyéb talajszennyezések mobilizálásának kockázata is (RAJPUT et al. 2018). Emellett különböző abiotikus és biotikus folyamatok által a talajvízbe oldódva bejuthatnak folyók vagy tavak vízkészleteibe is (BOXALL et al. 2007). A transzportfolyamatokat és a toxicitást erősen befolyásolhatja a talaj pH értéke (DUNPHY GUZMAN et al. 2006, RAJPUT et al. 2018). A nano-fémoxidok sorsát a talajban leginkább akkor tudjuk megérteni, ha összevetjük a már ismert természetes kolloidok viselkedésével. A porózus közegben történő mozgás három folyamattal írható le: i) mennyire akadályozza maga a közeg a szemcsék mozgását, ii) a gravitáció okán történő szedimentáció mennyisége, összevetve a szétterüléssel járó Brown-mozgással és iii) a lerakódás. Ugyanakkor nincsenek arra vonatkozó információink, hogy a mesterségesen előállított nano-fémoxidok viselkedése mennyiben tér el a természetes kolloidokétól (BOXALL et al. 2007, BAALOUSHA et al. 2009). GARNER et al. (2017) az általuk kifejlesztett nanoFate modell alapján kijelentették, hogy még a legjobban oldódó nano-fémoxidok is képesek a bioakkumulációra a talajban, ezáltal toxikussá válhatnak. Ez főként igaz a magas kibocsájtási rátával rendelkező ZnO és TiO<sub>2</sub> nano-fémoxidokra. Egyes vizsgálatok kimutatták, hogy a talajba jutó nano-fémoxidok bejuthatnak a táplálékláncokba (BOXALL et al. 2007, BIGORGNE et al. 2011, PAPPAS et al. 2017) és biomagnifikáció is lehetséges (YEO et al. 2013, HOU et al. 2013). Más vizsgálatok szerint a táplálékláncban történő akkumuláció nagyon alacsony (GOGOS et al. 2016). TOURINHO et al. (2012) és MCKEE & FILSER (2016) egy-egy összefoglaló cikkben gyűjtötték össze az éppen aktuális adatokat a talajba jutó és az ottani életközösségekre ható nanoanyagokról, köztük a nano-fémoxidokról is. A vizsgálati háttérmodszerek fejlődését a két cikk megjelenése közötti időszakban már az is mutatja, hogy míg TOURINHO et al. (2012) azt tapasztalták, hogy kevés vizsgálat során van megfelelő analitikai karakterizáció az anyagoknál, addig MCKEE & FILSER (2016) munkájába már csak korrekt analitikai adatokat tartalmazó vizsgálatokat foglalták be és így is nagy mennyiségű adatot tudtak összegyűjteni.

## Anyag és módszer

### *A cikk-gyűjtés módszertana*

Az összefoglaló cikkünkhöz megfelelő publikációk kereséséhez a saját adatbázisunkat és amellet a Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate oldalt és a Mendeley oldal aktuális ajánlásait használtuk. A keresést a 2018. január és a 2019. február közötti időszakban végeztük. Keresőszavaink a nano, nano-fémoxid, talajállat, cink-oxid, titán-dioxid, réz-oxid, cérium-oxid, alumínium-oxid, szilícium-oxid, cirkónium-oxid, állati egysejtűek, fonálféreg, ugróvillás, ászkarák, televényféreg, földigiliszta (a taxonok angol és/vagy latin neveit használtuk), valamint a felsorolt nano-fémoxidok és talajállat csoportok összes páros kombinációja (pl. „cink-oxid + fonálféreg”, „cink-oxid + ugróvillás”, stb.) volt. A talált publikációk összefoglalójának elolvasása után választottuk ki a számunkra fontosakat. A cikkek elolvasását követően az azokban hivatkozott, további munkáknál is megvizsgáltuk, hogy azok mennyire relevánsak témánk/a terület szempontjából. Minőségi szelektálást is beépítettünk



a gyűjtési módszerbe: csak a megfelelően karakterizált (részecskeméret, kémiai tulajdonságok) anyagokkal foglalkozó és bizonyos kritériumoknak (legalább egy pozitív kontroll használata, megfelelő minta előkészítés, ismétlésszám, teszt idő) megfelelő módszert használó munkákat választottuk ki. Emellett csak az ökotoxikológiai megközelítésű cikkeket válogattuk be. A közölt táblázatokba csak azokat a publikációkat foglaltuk bele, amelyekben megtalálhatóak voltak a táblázat összetételéhez elengedhetetlen adatok. Amelyik cikk nem szerepel a táblázatban, ott a szemcseméretet a szövegben közöltük.

Munkánkban a következő rövidítéseket alkalmazzuk:

n – nano; Zn – cink; ZnO – cink-oxid; ZnSO<sub>4</sub> – cink-szulfát; TiO<sub>2</sub> – titán-dioxid; CuO – réz-oxid; CeO<sub>2</sub> – cérium-oxid; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – alumínium-oxid; SiO<sub>2</sub> – szilícium-oxid; ZrO<sub>2</sub> – cirkónium-oxid; TiSiO<sub>4</sub> – titán-ortoszilikát; LC<sub>50</sub> – 50 %-os mortalitást okozó koncentráció; EC<sub>50</sub> – 50 %-ban hatásos koncentráció; PEC: előre jelzett környezeti koncentráció.

### ***Fém-oxidok hatása kulcsfontosságú talajállat csoportokra***

#### *Fém-oxidok hatásai talajban élő egysejtűekre*

Biológiai és ökotoxikológiai vizsgálatokban az állati egysejtűek köréből leginkább a *Tetrahymena thermophila* (Ciliophora: Oligohymenophorea) fajt használják tesztállatként. Könnyen, sokat lehet belőlük szaporítani, mind a makro- és a mikronukleuszukat lehet egyénileg kezelni (pl.: törlés, megváltoztatás, gének hozzáadása) és magasan fejlett emésztőrendszerük van a nano- és a mikro-skálába tartozó részecskék bekebelezésére. MORTIMER et al. (2010) a nZnO és nCuO *T. thermophila* csillós egysejtű fajra kifejtett hatásait vizsgálták. Ez a faj jóval érzékenyebbnek bizonyult a nZnO-ra, mint a nCuO-ra fluoreszcencia teszt esetében (1. táblázat). A ZnO-nál nem volt különbség a nano és a nagyszemcsés toxicitása között, viszont a CuO szemcseméret függő toxicitást mutatott: a nano több mint tízszer toxikusabbnak bizonyult a nagyszemcsés CuO-nál. További vizsgálataik során a nagyszemcsés CuO-hoz képest magasabb reaktív oxigéngyök képződést tapasztaltak a nCuO esetében (MORTIMER et al. 2011). MORTIMER et al. (2011) kísérleteire alapozva dolgozott ARUOJA et al. (2015), akik munkájuk során 12 féle nanoanyagot teszteltek a *T. thermophila* protozoa fajon, ezekből 4 nano-fémoxidra tudtak EC<sub>50</sub> értéket számolni, a többi nem mutatott toxikus aktivitást a tesztelt koncentrációtartományban. A nZnO és nCuO anyagoknál már 1-2 mg/l koncentrációban jól látható volt a toxicitás. BONDARENKO et al. (2013) összefoglaló cikkükben több kísérlet eredményét átlagolva határoztak meg LC<sub>50</sub> értékeket. Ők is alátámasztották a talált adatok alapján, hogy az állati egysejtűek érzékenyebbek a nZnO-ra, mint a nCuO-ra. ZHANG et al. (2016) 14 különböző állati egysejtű faj érzékenységét vizsgálták a nCeO<sub>2</sub>-ra. A nano-fémoxid magasabb toxikus hatást mutatott, mint a nagyszemcsés megfelelője mindegyik tesztelt fajnál (1. táblázat). PENG et al. (2017) a nCeO<sub>2</sub> (25 nm) fajok közötti interakciót befolyásoló hatását tesztelték le. Három csillós fajjal végeztek kísérleteket, a *Loxoccephalus* sp., a *Paramecium aurelia* és a *Tetrahymena pyriformis* fajt használták fel különböző mikrokozmosz vizsgálatokban. A nCeO<sub>2</sub> hozzáadásának hatására szignifikánsan csökkent a fajok növekedési rátája és megváltoztak az dominanciaviszonyok a fajok között, másképp reagáltak a nano-fémoxidra, mint amikor önállóan tesztelték őket. A bemutatott eredmények alapján a talajban gyakori egysejtűek jó modellállatok lehetnek a nanoökotoxikológiában.

**1. táblázat.** Különböző szemcseméretű fém-oxidok fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint toxicitása a *Tetrahymena thermophila* protozoa fajra. \*F: fluoreszcencia teszt, A: ATP teszt, M: más teszt típus; \*\*LC50, EC50: mg/l.

**Table 1.** The physical and chemical properties and toxic effects of different particle sized metal oxides on *Tetrahymena thermophila*. \*F: fluorescens test, A: ATP test, M: other test-type; \*\*LC50, EC50: mg/l.

Anyag / Test material	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgálati idő / Test duration	Hatás* / Results* (EC/LC <sub>50</sub> **)	Referencia / Reference
ZnO	Sigma-Aldrich	50–70	4 óra	F: 4,3 A: 5	MORTIMER et al. 2010
			24 óra	F: 6,8 A: 8,3	
	9 különböző LC <sub>50</sub> átlaga (review)			11,7	BONDARENKO et al. 2013
	kémiai úton előállított	8–21	24 óra	A: 1,8	ARUOJA et al. 2015
CuO	Sigma-Aldrich	30	4 óra	F: 127 A: 129	MORTIMER et al. 2010
			24 óra	F: 97,9 A: 101	
	Sigma-Aldrich	30	24 óra	A: 80	MORTIMER et al. 2011
	6 különböző LC <sub>50</sub> átlaga (review)			124	BONDARENKO et al. 2013
	kémiai úton előállított	8–21	24 óra	A: 2	ARUOJA et al. 2015
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	kémiai úton előállított	8–21	24 óra	A: 26	ARUOJA et al. 2015
TiO <sub>2</sub>				A: 53	
CeO <sub>2</sub>	Sigma-Aldrich	115	24 óra	M: 939,72	ZHANG et al. 2016
			48 óra	M: 370,68	

### Fémoxidok hatásai talajban élő fonálférgekre

A fonálférgekkel (Nematoda) több mint négy évtizede dolgoznak laboratóriumi vizsgálatokban. Nagyrészt szabadon élő, baktériumfogyasztó fajokat használnak tesztállatként, de egyes esetekben növénykártévő és ragadozó fajokkal is végeztek vizsgálatokat. Az ökotoxikológiai és genetikai kísérletekben főképp a Rhabditida rendbe tartozó *Panagrellus* fajok és a *Caenorhabditis elegans* az elterjedt modellállat (HÖSS & WILLIAMS 2009). Több szabvány módszer is létezik a szennyvíz, az üledék és a talaj tesztelésére a fonálférgek felhasználásával (pl.: ISO 10872:2010, ASTM E2172-01:2001). Előnyük, hogy érzékenyen és más talajállatoknál rövidebb idő alatt reagálnak a különböző szennyezőanyagokra (HÖSS & WILLIAMS 2009). A fémoxidok vizsgálatokor főként a *C. elegans* fajra vonatkozóan találunk adatokat és nagyrészt a nZnO és nTiO<sub>2</sub> hatását vizsgálták.

**2. táblázat.** Különböző szemcseméretű fém-oxidok fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint toxicitása a fonálférgekre. \**TO*: talajoldat, *ÉA*: élelmiszer adalékanyag; \*\**TNF*: természetes napfény, *MLF*: mesterséges laboratóriumi fény, *Össz.*: a TNF és a MLF 24 órás értékeinek együttes LC<sub>50</sub> értéke *S*: sötét; *n.h.*: nincs hatás, *mort.*: mortalitás; \*\*LC50, EC50: mg/l.

**Table 2.** The physical and chemical properties and toxic effects of different particle sized metal oxides on different nematode species. \**TO*: soil solution, *ÉA*: food additive; \*\**TNF*: natural sunlight, *MLF*: artificial laboratory light, *Össz.*: summary of the TNF and MLF 24 h LC<sub>50</sub> values, *S*: dark; *n.h.*: no effect, *mort.*: mortality; \*\*LC50, EC50: mg/l.

Teszt faj / Test species	Anyag* / Test material*	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgálati idő / Test duration	Hatás** / Results** (LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub> )	Refe- rencia / Refe- rence
<i>Caenorhabditis elegans</i>	ZnO	Hongchen M. S.&T. co.	20	24 óra	81,6	WANG et al. 2009
<i>Caenorhabditis elegans</i>	ZnO	Alfa-Aesar	60±25	2 óra 24 óra	TNF: 38 MLF: n.h Össz.: 17 S: n.h.	MA et al. 2011
<i>Xiphinema vuittenezi</i>	ZnO	Sigma- Aldrich	177,35±12	24 óra	5: 87,5 ± 9,6 % mort.	SÁVOLY et al. 2016
<i>Panagrellus redivivus</i>	ZnO	US Rese- arch	59±31 174±138	24 óra	0,65 0,40	KISS et al. 2018
	ZnO+TO	Nanomateri- als, Inc.	59±31 174±138	48 óra	3645,3 785,1	

2. táblázat. (Folytatás)

Table 2. (Continued)

Teszt faj / Test species	Anyag* / Test material*	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgálati idő / Test duration	Hatás** / Results** (LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub> )	Refe- rencia / Refe- rence
<i>Xiphinema viittenezi</i>	ZnO	University of Szeged, Department of Applied and Env. Chem.	25,08± 9,92	24 óra	3,34	HRÁCS et al. 2018
<i>Panagrellus redivivus</i>			1,63			
<i>Xiphinema viittenezi</i>			220,92± 124,25		2,38	
<i>Panagrellus redivivus</i>			57,77			
	TiO <sub>2</sub>	Hongchen M. S.&T. co.	50	24 óra	79,9	WANG et al. 2009
<i>Caenorhabditis elegans</i>	TiO <sub>2</sub>	Sigma- Aldrich	7	24 óra	70±1,4	ROH et al. 2010
			20		90	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hongchen M. S.&T. co	60	24 óra	81,6	WANG et al. 2009
<i>Caenorhabditis elegans</i>	ÉA TiO <sub>2</sub>	Sensient®, Milwaukee, USA	149 (53–308)	3 óra UV 21 óra sötét	6,55	MA et al. 2018
	TiO <sub>2</sub>	Evonik Degussa	26(11–52)		6	
		Fisher Scientific	129 (64–259)		10: < 20 % mort.	

WANG et al. (2009) és KHARE et al. (2011) kísérleteiben erősen toxikusnak bizonyult a nZnO a *C. elegans* fajra. WANG et al. (2009) kísérletében a nagyszemcsés és a nano ZnO toxicitása között nem találtak számottevő különbséget (2. táblázat). KHARE et al. (2011) két szemcseméretet is vizsgáltak, közülük a kisebb szemcseméretű anyag volt toxikusabb. Mindkét vizsgálatnál azt állapították meg, hogy a nZnO részecskékből kioldódó cink ion játszott szerepet a toxikus hatás kiváltásában. MA et al. (2011) a ZnO nanorészecskék fototoxicitását vizsgálták. Kísérleteik során természetes és mesterséges fénynek tették ki a nZnO-dal és nagyszemcsés ZnO-dal kezelt *C. elegans* fonálféreg fajt. A természetes fény hatására már 2 órás expozíciós idő alatt erősen megnövekedett a mortalitás, viszont a mes-

terséges fényenél nem tapasztaltak ennyi idő alatt toxikus hatást. A nZnO volt a toxikusabb a két anyag közül, habár mind a nZnO, mind a nagyszemcsés ZnO hasonló méretűvé aggregálódott, ami arra enged következtetni, hogy a toxicitás inkább az eredeti szemcsemérettől függ és nem az aggregátumoktól. Sőtétben egyik anyagnál sem tapasztaltak hatást. Előző vizsgálataink során egy másik bakterivor fonálféreg fajjal (*Panagrellus redivivus*) dolgoztunk (KISS et al. 2018). Ennél a kísérletnél már a legalacsonyabb koncentrációban is szignifikáns mortalitást tapasztaltunk. A nagyszemcsés ZnO és a nZnO hatása között – hasonlóan WANG et al. (2009) kísérletéhez – itt sem volt különbség (KISS et al. 2015). SÁVOLY et al. (2016) a növényi kártevő *Xiphinema vuittenezi* (Nematoda: Dorylaimida) fajon tesztelték a nZnO-ot. Vizsgálataik fő célja a kioldódott ionok és a nano tulajdonságokból eredő Zn felvétel és toxicitás összehasonlítása volt, ezért a nagyszemcsés és a nZnO mellett ZnSO<sub>4</sub> oldattal is kezelték az állatokat. Tesztjeik alapján a nagyszemcsés és a nano szerkezetű ZnO esetében szignifikánsan magasabb volt a Zn felvétel, mint a ZnSO<sub>4</sub> oldatnál. A környezetileg relevánsabb teszt módszer kifejlesztéséhez nem csak Milli-Q vizes oldatból, hanem talajoldatos keverékből is megvizsgálták a Zn felvételt. Ebben az esetben szignifikánsan kisebb volt a felvétel, mint a talajoldat nélküli tesztrendszerben. Legkevesbé toxikusnak a nagyszemcsés anyag bizonyult, így azt a következtetést vonták le, hogy a nZnO toxicitása a kioldódott ionok és a nano tulajdonságokból eredő toxikus hatások összességén alapul. Saját korábbi vizsgálataink alátámasztják a tesztközeg hatását a toxicitásra, hasonlóan talajoldatot felhasználva szignifikánsan csökkentettük a nZnO toxicitását *Panagrellus redivivus* faj esetében a Milli-Q vizes oldatban végzett kísérletünkhöz képest (KISS et al. 2018). HRÁCS et al. (2018) két különböző táplálkozási stratégiájú fonálféreg érzékenységét vizsgálták nano és nagyszemcsés ZnO-ra (2. táblázat). Emellett az állatok Zn felvételét is mérték. A részecskeméret sem a toxicitást, sem a Zn felvételt nem befolyásolta a *P. redivivus* esetében, ezzel ellentétben a *X. vuittenezi* faj érzékenyebben reagált a nZnO-ra, ugyanakkor a Zn felvétel mennyiségében itt sem volt különbség.

A nTiO<sub>2</sub> hatását a *C. elegans* fajra számos kísérletben vizsgálták. ROH et al. (2010) kísérletük során a génexpresszió, a növekedés, a termékenység és a túlélés végpontokat vizsgálták. Két különböző szemcseméretű nTiO<sub>2</sub> hatását hasonlították össze. A kisebb szemcseméretű nTiO<sub>2</sub>-nál a *cyp3502* gén expressziójának növekedését, csökkent termékenységet és túlélést tapasztaltak. A kisebb részecskeméret toxikusabbnak bizonyult. KAHERE et al. (2011) is hasonló eredményt értek el, az ő kísérletükben is a kisebb szemcseméret volt toxikusabb (<25 nm, <100 nm). A <100 nm részecskénagyságnál egyáltalán nem tapasztaltak toxikus hatást. WANG et al. (2009) a nano és a nagyszemcsés TiO<sub>2</sub> hatását mérték össze, amelyek közül a nano mérettartományba eső volt toxikusabb. MA et al. (2018) az élelmiszer adalékanyagként és színezőanyagként használt nTiO<sub>2</sub> lehetséges fototoxikus hatásait derítették fel. Fontosnak találták ennek az anyagnak a tesztelését, mivel étel adalékanyagként nagy mennyiségű felhasználás jellemző, emellett magas a természetes vízkészletekbe kerülésük kockázata is. Adalékként használt (élelmiszer adalék; food additive: f-TiO<sub>2</sub>), nagyszemcsés (b-TiO<sub>2</sub>) és nano TiO<sub>2</sub> (n-TiO<sub>2</sub>) toxicitását hasonlították össze (2. táblázat). A n-TiO<sub>2</sub>-nak volt a legerősebb toxikus hatása, viszont mindhárom anyag befolyásolta a fonálféreg túlélését és bélcsatornában történő akkumulációt is felfedeztek ezeknél az anyagoknál. A nTiO<sub>2</sub> tesztelésénél nem csak a részecskeméret, hanem a morfológia is befolyásolhatja a toxicitást. IANNARELLI et al. (2016) vizsgálataiban rúd (108 ± 47 nm), bipiramidális (50 ± 9 nm) és nagyjából gömb alakú (<25 nm) nTiO<sub>2</sub> részecskék hatását és a

szervezetben történő eloszlását vizsgálták a *C. elegans* fajon. A rúd alak bizonyult a legtoxikusabbnak. A  $\text{TiO}_2$  esetében a kristályszerkezet is befolyásolhatja az okozott hatásokat. ROCHELEAU et al. (2014) kísérletében az anatóz kristályrendszer inkább a metabolikus utakra, míg a rutil kristályrendszer a fejlődési folyamatokra volt nagyobb hatással. Más kísérletek azzal foglalkoztak, hogy mi a sorsa a  $\text{nTiO}_2$ -nak a természetben, degradálódik-e, mennyire válik felvehetővé a talajflóra és-fauna számára és milyen ökotoxikológiai hatásai vannak. YEO et al. (2013) a rizsföldeken található életközösségek fajainak mikrokozmoszban történő tesztelésével végeztek vizsgálatokat, hogy többet megtudjanak a  $\text{TiO}_2$  bioakkumulációjáról. Kétféle anyagot teszteltek:  $\text{TiO}_2$  nanorészecskéket (5–10 nm) és nanocsöveket (9 nm). Nulla, 7 és 17 nap után mértek titán-koncentrációt a vizsgált közegben és a vizsgált organizmusokban. A mikrokozmosz-vizsgálat természetes közegekben történt (édesvíz, üledék), tartalmazott növényeket (kórófajokat és durdafüveket) és különböző trofikus szinten lévő organizmusokat, pl: biofilmet, algát, fonálférgeket, csigafajokat és halakat. A kísérlet során azt tapasztalták, hogy a  $\text{nTiO}_2$  anyagok nagy mennyiségben átjutottak a préda fajokból a ragadozó fajokba, így arra következtettek, hogy a táplálékláncban történő  $\text{nTiO}_2$  felhalmozódás valós probléma és foglalkozni kell vele a jövőben. WU et al. (2012) a  $\text{nTiO}_2$  krónikus toxicitását vizsgálta a *C. elegans* fajon. Végpontokként mortalitást, növekedést, mozgásképeséget, bél-autofluoreszcenciát (fontos sejtroncsolódás-mutató a fonálférgek idősödése során) és szabad oxigénnyelvényt vizsgáltak. Módosított akut és krónikus tesztrendszert használtak a toxicitás értékelésre. Több különböző szemcseméretű  $\text{TiO}_2$ -dal (4 nm, 10 nm, 60 nm, 90 nm) és környezetileg relevánsnak tartott koncentrációkkal dolgoztak. Vizsgálataik során megállapították, hogy legérzékenyebb és legjobban felhasználható végpontok a  $\text{nTiO}_2$  tesztelése során a mozgásképeség és a szabad oxigénnyelvényt képződés. Emellett részecskeméret-függő hatást is sikerült kimutatniuk, a kisebb szemcseméretűk bizonyultak toxikusabbnak minden végpont esetén. Ez a kutatócsoport további kísérleteket is végzett a témában (RUI et al. 2013, WU et al. 2014). Ezeknél a kísérleteknél már a  $\text{nTiO}_2$  által kiváltott génmutációkat vizsgálták a *C. elegans* fonálféreg fajnál.

Egyéb fémoxidokat is teszteltek fonálférgeken. ROH et al. (2010) két szemcseméretű (15 nm, 45 nm)  $\text{nCeO}_2$  toxicitását vizsgálták a *C. elegans* fajon. A 45 nm-es anyagnál egyáltalán nem tapasztaltak toxikus hatást, míg a 15 nm-es 20%-kal csökkentette az egyedek túlélését. ARNOLD et al. (2013) vizsgálataikban magasabb növekedésgátlást tapasztaltak a  $\text{nCeO}_2$ -nál ( $53,34 \pm 3,12$  nm), mint a nagyszemcsés megfelelőjénél. A  $\text{nAl}_2\text{O}_3$  (<50 nm) fémoxiddal végzett kísérletek során FAJARDO et al. (2014) nem tapasztaltak hatást a *C. elegans* növekedésére, reprodukciójára és túlélésére. WU et al. (2011)  $\text{nAl}_2\text{O}_3$  (60 nm) hatását mérték össze L1, L4 lárva stádiumú és fiatal felnőtt fonálférgeken. A tesztjeik során az L1 stádiumú lárvák voltak a legérzékenyebbek az anyagra. YU et al. (2011) akut és krónikus teszteket végeztek a nagyszemcsés és nano  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -dal (60nm). Az akut vizsgálat során nem tapasztaltak hatást, viszont a krónikus tesztnél a  $\text{nAl}_2\text{O}_3$ -dal történő kezelés szignifikánsan növelte a bél lipofuscin akkumulációját, és erős stresszválaszt váltott ki, emellett oxidatív károsodást okozott a belekben. LI et al. (2012) krónikus tesztjeik során mind a nagyszemcsés, mind a  $\text{nAl}_2\text{O}_3$  (60 nm) befolyásolta a fonálférgek mozgásképeségét, viszont ezt a hatást antioxidánsok hozzáadásával tudták csökkenteni.

Mindezek alapján úgy tűnik, hogy a szabadon élő fonálférgek egyes fajai, különösen pedig a *C. elegans*, alkalmas arra, hogy a nano-fémek ökotoxikológiai hatásait a talajban velük teszteljük és a hatások mechanizmusait megismerjük.

### *Fémoxidok hatásai talajban élő ugróvillásokra*

Az ugróvillások (Collembola: Arthropoda) a mezofauna tagjai közé tartoznak, világszerte elterjedt ízeltlábú állatok. Élhetnek a talaj felszínén, a talajban, a korhadó avarban, a fák kérge alatt és magukon a szárazföldi- és vízinvíziókon is, csak a tengerek és óceánok nyíltvízi területein nem találhatóak meg. (FOUNTAIN & HOPKIN 2005, DÁNYI & TRASER 2008). A lebontó folyamatokban részt vesznek, mint a fő lebontó mikrobapopulációk szabályozó szervezetei (GANGE 2000, FILSER 2002, SERES 2009). Fontosak a mikorrhiza gombák terjesztésében (KLIRONOMOS 1999, SERES & BAKONYI 2002, SERES et al. 2003) és a talajfauna ragadozóinak táplálékába is beletartoznak (DÁNYI & TRASER 2007). Érzékenyen reagálnak a talajban történő változásokra, így a talajszennyezésekre is. A remediációs folyamatokban is részt vesznek (WAALEWIJN-KOOL et al. 2013). Idestova négy évtizede alkalmazzák az ugróvillásokat ökotoxikológiai tesztorganizetként (KISS & BAKONYI 1992, FOUNTAIN & HOPKIN 2005, 2011, KROGH 2008). Az ugróvillásokon leggyakrabban tesztelt anyag a nZnO. Ez főként annak köszönhető, hogy a nZnO közvetlenül és közvetett módon is belekerülhet a talajba. KOOL et al. (2011, 2012, 2013) részletekbe menően vizsgálta ennek az anyagnak a hatását a *Folsomia candida* (Euarthropoda: Entognatha) fajra. Először krónikus toxicitási tesztet végeztek természetes talajban, nano és nagyszemcsés ZnO hatását kutatva. Ezen vizsgálatok során arra a következtetésre jutottak, hogy főképp a kioldódott cink ionok toxikus hatása befolyásolja a túlélést és a reprodukciót és nem az anyag szemcsemérete (KOOL et al. 2011). A továbbiakban arra a kérdésre próbáltak választ találni, hogy az oldatok különböző módokon történő kijuttatása befolyásolja-e a toxicitást. Két szemcseméretet és két különböző módszert (száraz por állagú és talaj oldatba kevert nano és nagyszemcsés ZnO) vizsgáltak. Sem a részecskeméretnek, sem az eltérő expozíciós módnak nem volt befolyása a ZnO toxicitására (WAALEWIJN-KOOL et al. 2012). Ezek után a felületkezelt és a nem felületkezelt nZnO hatását vizsgálták. Ezeket a teszteteket előre elkészített és különböző ideig inkubált talaj és oldat keverékekben végezték el. 0, 3, 6 és 12 hónapos talajból vettek mintát és arra helyezték a tesztegyedeket. Az első vizsgálat során a felületkezelt anyag bizonyult toxikusabbnak, bár mindkét anyag toxikus volt. A 3 hónapos talajnál már a nem kezelt nZnO toxicitása erősen csökkent, viszont a felületkezelt csak 12 hónap után mutatott hasonló csökkenést a toxicitásban (WAALEWIJN-KOOL et al. 2013). MANZO et al. (2011) nem csak a toxicitást és a reprodukcióra kifejtett hatást, hanem az elkerülést is vizsgálták. A krónikus tesztnél nemhogy toxikus hatást, hanem inkább biostimulációt tapasztaltak (106%), ez főképp az alkalmazott alacsony koncentrációnak volt köszönhető (230 mg/kg), hiszen a Zn esszenciális elem. A nZnO-nál 16%-os, a ZnCl<sub>2</sub>-nál 76%-os elkerülést tapasztaltak. Saját kísérleteinkben (KISS et al. 2015) már a legkisebb koncentrációban (92 mg/kg) is szignifikáns mortalitás növekedést és reprodukció csökkenést tapasztaltunk. További kísérleteink során (KISS et al. 2018) a nZnO különböző módszerrel történő kijuttatás módját vizsgáltuk. A teszteteket elvégeztük talajban (talajba került az oldat) és gipszen (az állatok táplálékába, élesztőbe került az oldat). Gipsz közegben szignifikánsan csökkent a mortalitás (3. táblázat). Ezt többek között azzal magyarázhatjuk, hogy nagyobb eséllyel tudták elkerülni a szennyezett táplálékot, mint az őket teljesen körülvevő talajt az ugróvillások. Emellett fontos tényező lehetett az is, hogy az ugróvillások hatékonyan tudják eltávolítani a bélhámsejtekben megkötődött fémeket, így vedléskor eltávolítóják a bekerült nZnO-t.

**3. táblázat.** Különböző szemcseméretű fém-oxidok fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint toxicitása a *Folsomia candida* fajra. \* *FZnO*: felületkezelt ZnO, *ZnO gipsz*: Gipsz közegben tesztelt ZnO, *ZnO talaj*: talaj közegben tesztelt ZnO; \*\**LC<sub>50</sub>*, *EC<sub>50</sub>*: mg/kg; *n.h.*: nincs hatás; *n.a.*: nincs adat; *P*: por állagú kijuttatás; *T*: talajoldatba kevert hatóanyag; *mort.*: mortalitás.

**Table 3.** The physical and chemical properties and toxic effects of different particle sized metal oxides on *Folsomia candida*. \* *FZnO*: doped ZnO, *ZnO gipsz*: ZnO tested on Plaster of Paris, *ZnO talaj*: ZnO tested in soil; \*\**LC<sub>50</sub>*, *EC<sub>50</sub>*: mg/kg; *n.h.*: no effect; *n.a.*: no data; *P*: as dry powder; *T*: as suspension in soil; *mort.*: mortality.

Anyag* / Test material*	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgál- lati idő / Test duration	Hatás** / Results**		Referencia / Reference
				LC <sub>50</sub>	EC <sub>50</sub>	
	BASF	<200	28 nap	>3086	1964	KOOL et al. 2011
ZnO	Micronisers	30	28 nap	n.h.	P: 3159	WAALEWIJN -KOOL et al. 2012
		200			T: 3593	
					P: 2914	
					T: 5633	
FZnO*	BASF	<200	28 nap	n.h.	0 hó: 873	WAALEWIJN -KOOL et al. 2013
					3 hó: 749	
					6 hó: 579	
					12 hó: 1817	
					0 hó: 1964	
					3 hó: 2847	
ZnO					6 hó: -	
					12 hó:	
					>5855	
ZnO	Sigma- Aldrich	<100	28 nap	n.h. (230 mg/kg konc.)		MANZO et al. 2011
ZnO	Sigma- Aldrich	<50	28 nap	538	225	KISS et al. 2015



## 3. táblázat. (Folytatás)

Table 3. (Continued)

Anyag* / Test material*	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgá- lati idő / Test duration	Hatás** / Results**		Referencia / Reference
				LC <sub>50</sub>	EC <sub>50</sub>	
		59±31		n.a.	4594,3	
ZnO gipsz						
		174±138		n.a.	n.a.	
	US Research Nanomaterials, Inc.		28 nap			KISS et al. 2018
		59±31		n.a.	1543,94	
ZnO talaj						
		174±138		n.a.	393,19	
TiSiO <sub>4</sub>	Sigma- Aldrich	<50	28 nap	n.h. (1000 mg/kg konc.)		BOUGUERRA et al. 2016
nZVI	kémiai úton előállított	20–100	28 nap	7 nap: 100% mort. 30 nap: 70% mort.	100% mort.	EL-TEMSAH et al. 2013.
CeO <sub>2</sub>	Antaria	10–50	28 nap	n.h.		TOURINHO et al. 2015

Más nano-fémoxidokkal is végeztek ugróvillás tesztekkel. BOUGUERRA et al. (2016) a nTiSiO<sub>4</sub> hatását vizsgálták a *F. candida* mortalitásra, reprodukcióra és az elkerülésre, egyik végpontra sem volt szignifikáns hatása az anyagnak (1000 mg/kg koncentrációban).

TOURINHO et al. (2015) a dízel üzemanyag alkotókomponenseinek (többek között a  $n\text{CeO}_2$ -nak) negatív hatását vizsgálták a *F. candida* fajon. A  $n\text{CeO}_2$  nem fejtett ki toxikus hatást az ugróvillás fajra (3. táblázat).

Nano-fémoxidok hatásai ezek alapján megfelelően tesztelhetőek a *F. candida* ugróvillás fajon.

#### *Fémoxidok hatásai talajban élő ászkarákokra*

Az ászkarákok (Isopoda) a magasabbrendű rákok (Arthropoda: Malacostraca) között az egyik legváltozatosabb rend mind forma, mind fajgazdagság szempontjából. Nagyjából mindenhol megtalálhatóak a Földön, a szárazföldi fajok mellett édes- és sósvízi fajokkal is találkozhatunk. Az ászkarákokon nagyrészt  $n\text{TiO}_2$  teszteket végeztek, de találhatunk  $n\text{ZnO}$  és  $n\text{CeO}_2$  hatásait vizsgáló kísérleteket is. TOURINHO et al. (2013) a talaj pH hatását vizsgálták a  $n\text{ZnO}$  toxicitására *Porcellionides pruinosus* fajon. A 4,5 pH-n volt a legmagasabb túlélés. Szemcseméretfüggő hatást nem tapasztaltak. Arra következtettek, hogy nem csak a porúsvízben lévő oldott és szabad Zn-nek van hatása a felvételre és a toxicitásra, hanem a szájnnyíláson keresztül is bevihették a szervezetükbe a kezelőszert. TOURINHO et al. (2015) fentebb már említett kísérletükben a *Porcellionides pruinosus* fajon is vizsgálták a dízel üzemanyag alkotókomponenseinek ( $n\text{CeO}_2$ ) toxicitását. A *Folsomia candida* fajhoz hasonlóan azt találták, hogy a  $n\text{CeO}_2$  nem fejtett ki toxikus hatást az ászkákra (4. táblázat). A  $n\text{TiO}_2$  esetében főképp a szájnnyíláson át bejutott anyag hatásait tesztelték. JEMEC et al. (2008) *Porcellio scaber* tesztállaton vizsgálták anatóz kristályszerkezetű  $n\text{TiO}_2$  rövid távú (3 nap) hatását. A mortalitásra, súlyra, fogyasztási rátára nem volt hatással, viszont a kataláz (CAT) és a glutation-S-transferáz (GST) enzimek aktivitását dóziszfüggően befolyásolta az anyag. Érdekes módon ezt a hatást csak a nem szonikált (ultrahanggal kezelt) anyagnál és bizonyos koncentrációkban tapasztalták (0,5; 2000; 3000  $\mu\text{g/g}$ ). További kísérletek arra próbáltak rámutatni, hogy a  $n\text{TiO}_2$  az emésztőmirigyek hámjában vagy egyéb testrészekben akkumulálódik-e. Sejtmembrán stabilitást vizsgáló módszerrel kimutatták, hogy már 3 nap után a 1000  $\mu\text{g/g}$ -os koncentráció az állatok felénél membrádestabilizálódást okozott. Egyéb toxikus hatást nem mutattak ki, viszont az előbb említett hatás miatt egyértelműen elmondhatjuk, hogy a vizsgált anyag negatívan befolyásolta a tesztorganizmust (NOVAK et al. 2012). Ezt kiegészítve VALANT et al. (2012) arra a kérdésre próbáltak választ találni, hogy ez a destabilizáció direkt érintkezés, avagy lipidperoxidáció miatt jött-e létre. Három napos expozíció után nem, csak hosszabb expozíciós idő és magasabb koncentráció mellett tapasztaltak lipidperoxidációt. Ebből arra következtettek, hogy a direkt kontakthatás lehet az oka a membrán destabilizációnak (4. táblázat). SRPČIČ et al. (2015) nem letális végpontokra koncentráltak az ászkarákok vizsgálatainál. *Porcellio scaber* koncentrációfüggő stressz növekedést mutatott a  $n\text{TiO}_2$  hatására.

A nano-fémek ászkarákokra gyakorolt hatásairól kevés ismeretünk van. Tekintettel az ászkarákoknak a dekompozícióban betöltött fontos szerepére, a kérdéskör további vizsgálata ajánlott.

**4. táblázat.** Különböző szemcseméretű fém-oxidok fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint toxicitása az ászkarákokra. \* $LC_{50}$ ,  $EC_{50}$ : mg/kg,  $S1$ : 4,5 pH-talaj;  $S2$ : 6,2 pH-talaj;  $S3$ : 7,3 pH-talaj;  $L$ : LUFA S 5,5 pH-talaj;  $n.h.$ : nincs hatás,  $E.A.CS.$ : enzim aktivitás csökkenés;  $M.D.$ : membrán destabilizáció;  $L.P.$ : lipid peroxidáció.

**Table 4.** The physical and chemical properties and toxic effects of different particle sized metal oxides on isopoda. \* $LC_{50}$ ,  $EC_{50}$ : mg/kg,  $S1$ : soil pH:4,5;  $S2$ : soil pH:6,2;  $S3$ : soil pH :7,3;  $L$ : LUFA S type soil, pH 5,5;  $n.h.$ : no effect,  $E.A.CS.$ : lower enzyme activity;  $M.D.$ : membrane destabilization;  $L.P.$ : lipid peroxidation.

Teszt faj / Test species	Anyag / Test material	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgálati idő / Test duration	Hatás* / Results*		Referencia / Reference
					$LC_{50}$	$EC_{50}$	
<i>Porcellionides pruinosus</i>	ZnO	Micronisers	30	14 nap	$S1$ : >3369	713	TOURINHO et al. 2013
					$S2$ : 2586	1479	
					$S3$ : 1757	904	
<i>Porcellio scaber</i>	TiO <sub>2</sub>	Sigma-Aldrich	<25	3 nap	$L$ : 3361	788	NOVAK et al. 2012
					$n.h.$		
							JEMEC et al. 2008
							VALANT et al. 2012

#### Fémoxidok hatásai talajban élő televényférgekre

A televényférgeknek (Annelida: Clitellata, Enchytraeidae család) nagy jelentőségük van a szerves anyagok lebontásában és a talaj bioturbációjában (a talaj vagy üledék átmozgatása élő szervezetek által). Jellemzően sokféle talajtípusban előfordulhatnak, jól bírják a savas közeget (CASTRO-FERREIRA et al. 2012). Jelentőségüket nem csak a szélsőséges környezeti viszonyok melletti megjelenésük adja, hanem az is, hogy nagy egyedszámban vannak jelen az adott közegben. A televényférgeknek nagy szerepük van a talaj anyag- és energiaforgalmában. A televényférgek alkalmasak arra is, hogy ökotoxikológiai vizsgálatokban tesztáltként szerepeljenek (DIDDEN & RÖMBKE 2001; DÓZSA-FARKAS, 2002). Leggyakrabban a *Cognettia* (LOKKE & VAN GESTEL, 1998) és az *Enchytraeus* (DIDDEN & RÖMBKE, 2001) genuszokba tartozó fajokat használták ökotoxikológiai vizsgálatokban (pl.: *Enchytraeus crypticus*, *Enchytraeus albidus*). Az utóbbi genuszba tartozó fajok alkalmazását az magyarázza, hogy széleskörűen elterjedtek, laboratóriumban könnyen tarthatóak és szaporíthatóak. Ezért az utóbbi időkben egyre gyakrabban alkalmazzák akut és krónikus laboratóriumi toxicitási tesztekben. Gyors az egyedfejlődésük, tarthatók különböző közegeken (természetes talaj, OECD talaj, agar), és változatosan etethetők (KOVÁTS et al. 2004). GOMES et al. (2015) kísérleteik során két fajta nZrO<sub>2</sub> és 5 fajta nTiO<sub>2</sub>-ot teszteltek *Enchytraeus crypticus* televényféreg fajon. A nanoanyagok közül 3 vásárolt és 2 saját laborban szintetizált nTiO<sub>2</sub>, ebből egy felületkezelt volt. Egyik tesztanyag sem fejtett ki toxikus hatást talaj közegben.

Víz közegben a felületkezelt nTiO<sub>2</sub>-on kívül minden anyagnál tapasztaltak reprodukció-csökkenő hatást UV fény alatt (5. táblázat).

**5. táblázat.** Különböző szemcseméretű fém-oxidok fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint toxicitása a televényférgekre. \*H: huminsav; A: agar; K: kaolin; \*\*LC<sub>50</sub>, EC<sub>50</sub>: mg/kg, n.h.: nincs hatás; ÉS: életmenet stratégia teszt, SR: standard reprodukciós teszt.

**Table 5.** The physical and chemical properties and toxic effects of different particle sized metal oxides on enchytraeid worms. \*H: humic acid; A: agar; K: kaolin; \*\*LC<sub>50</sub>, EC<sub>50</sub>: mg/kg, n.h.: no effect; ÉS: life cycle strategy test, SR: standard reproduction test.

Teszt faj / Test species	Anyag* / Test material*	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgálati idő / Test duration	Hatás** / Results**		Referencia / Reference
					EC <sub>50</sub>	LC <sub>50</sub>	
<i>Enchytraeus crypticus</i>	ZrO <sub>2</sub>	kémiai úton előállított	4	3 hét	n.h.		GOMES et al. 2015
	ZrO <sub>2</sub>		3,3				
	TiO <sub>2</sub>	JRC	22				
	TiO <sub>2</sub>	Nanomaterials repository	20				
	TiO <sub>2</sub>		20				
	TiO <sub>2</sub>	kémiai úton előállított	8,7				
	TiO <sub>2</sub>		9				
<i>Enchytraeus albidus</i>	ZnO SR	Sigma-Aldrich	<50 <100	48 nap	LOEC: 1600	LOEC: 3200	NAGY et al. 2016
<i>Enchytraeus crypticus</i>	ZnO H+A				-	15,8	
	ZnO A	Bochemie Group Bohumín, Czech Republic	10	96 óra	-	43,5	HRDA et al. 2018
	ZnO K+A				-	111	
	ZnO H+K+A				-	122	
<i>Enchytraeus crypticus</i>	CuO	Sigma-Aldrich	3–35		25 nap ÉS	-	3611
				46 nap ÉS	1075	-	
				28 nap SR	1377	2103	

Saját kutatásaink során *Enchytraeus albidus* egyedekkel végzett, különböző szemcseméretű ZnO toxicitását vizsgáló hosszú távú, 42 napos vizsgálatainkban megállapítottuk, hogy a tesztelt anyagok szignifikánsan csökkentették a tesztpopuláció túlélését és szaporodási készségét. Szemcseméretfüggő hatást nem tapasztaltunk (NAGY et al. 2016). HRDÁ et al. (2016) a nZnO (5–50 nm) esetében különböző kijuttatási módszereket alkalmaztak, amik ebben az esetben befolyásolták az anyag toxicitását az *Enchytraeus crypticus* fajra. Későbbi vizsgálataik során különböző anyagok és azok keverékei jelenlétében (agar táptalaj, kaolin, huminsav) figyelték meg a teszt faj érzékenységét a nZnO-ra. A legmagasabb toxicitás a huminsav és agar jelenlétében alakult ki (HRDA et al. 2018). HACKENBERGER et al. (2019) a környezetben is előfordulható nano és nagyszemcsés ZnO keveredésének a hatását vizsgálták ki. Az anyagok önálló tesztelésekor a nZnO esetében tapasztaltak magasabb oxidatív stresszt. A keverék alkalmazásakor nem tapasztaltak toxicitásbeli változást.

BICHO et al. (2017) nCuO hatását vizsgálták standard teszt környezetben és teljes életmenet vizsgálat során. A kísérleteik azt mutatták meg, hogy jelentősen befolyásolja az anyagok toxicitását az állatok fejlődési állapota (5. táblázat).

A televényférgek nano-fémoxidokra való érzékenységével kevesen foglalkoztak, ezért a vonatkozó információk sporadikusak, általánosításra nem alkalmasak.

#### *Fémoxidok hatásai talajban élő földigilisztákra*

A földigiliszták (Annelida: Clitellata, Oligochaeta) talajjárataikkal, táplálkozásukkal forgatják, aprítják a talajt, így, mint ökoszisztéma-mérnök fajok, fontos szerepük van a talaj minőségének alakulásában. Ürülékükkel és a járataik falát borító mucinózus váladékkal táptalajt is biztosítanak a talaj mikroflórájának. Jelentős mennyiségű publikáció található, ami a nano-fémoxidokra való érzékenységüket vizsgálja. A tesztközegnek itt is fontos szerepe volt a toxicitásban: trágyában és teszt talajban csak a reprodukcióra volt hatással a nZnO, nTiO<sub>2</sub> és a nCuO (CAÑAS et al. 2011, HOOPER et al. 2011, ALAHDADI et al. 2014, HECKMANN et al. 2011), ezzel ellentétben a nZnO esetében szűrőpapíron és agaron magas mortalitást mértek az *Eisenia fetida* tesztfajnál (CAÑAS et al. 2011, Li et al. 2011). A naptejekben található nanokompozit TiO<sub>2</sub> toxikus hatását vizes és talaj közegben tesztelték a *Lumbricus terrestris* tesztfajon. Mortalitást nem találtak, viszont megnövekedett apoptotikus aktivitást tapasztaltak a kutikulában, bél epitheliumban és klorogén szövetekben a vízben történt vizsgálatkor (LAPIED et al. 2011). Hasonló eredményre jutottak BIGORNE et al. (2011), amikor a nTiO<sub>2</sub> melléktermékeit tesztelték az *Eisenia fetida* fajon. 10 mg/l koncentrációnál már ki tudták mutatni a nTiO<sub>2</sub> bioakkumulációját és indukált apoptotikus aktivitást (6. táblázat). HOU et al. (2013) összefoglaló cikkükben kitértek a fémoxidok földigilisztákban történő bioakkumulációjára is. Az általuk összegyűjtött vizsgálatok is alátámasztják, hogy ezek az anyagok képesek az akkumulációra. Viszont arra nem találtak választ, hogy magát a nanoszemcséket veszik-e föl az állatok vagy a kioldódott ionok által kerülnek be a fémek a szervezetükbe. HU et al. (2010) vizsgálataikban jelentős DNS károsító hatást fedeztek fel 1000 mg/kg-os koncentrációnál a nZnO és nTiO<sub>2</sub> esetében. WHITFIELD ÅSLUND et al. (2011) mind a nano, mind a nagyszemcsés TiO<sub>2</sub> hatását kimutatták a metabolikus aktivitásra már 200 mg/kg-os koncentrációnál. Ezekkel ellentétben GUPTA et al. (2014) nem tapasztaltak DNS károsító hatást az általuk felhasznált különböző szemcseméretű nZnO-knál (100 nm, 50 nm, 35 nm, and 10 nm), habár jóval alacsonyabb koncentrációkkal dolgoztak (10 mg/kg volt a legmagasabb koncentráció). Vizsgálataikban

viszont kimutatták, hogy a szemcseméret csökkenésével megnő a biológiai elérhetőség és a legnagyobb mennyiségű Zn ion felvételt a legalacsonyabb szemcseméretű nZnO tesztelésénél tapasztalták. Emellett kimutatták, hogy a nZnO képes a bioakkumulációra is. Mindhárom kísérletben az *Eisenia fetida* tesztfajjal dolgoztak. A nZnO minden esetben toxikusabbnak bizonyult a nTiO<sub>2</sub>-nál (HU et al. 2010, CAÑAS et al. 2011). ROMERO-FREIRE et al. (2017) rámutattak arra, hogy a nZnO (20–40 nm) toxicitását a talaj típusa (szervesanyag tartalma) és a pH-ja is erősen befolyásolja. Az általuk tesztelt *Eisenia andrei* fajnál legmagasabb Zn felvételt 7,6 pH mellett és magas szervesanyag tartalomnál (5,4 %) tapasztalták. A tesztállat reprodukciójára koncentrációfüggő toxikus hatást mértek a nZnO mellett. ALAHDADI et al. (2014) a trágyatípus hatását vizsgálták. Tehén- és gombatrágya hatását hasonlították össze. A kísérletük alapján, a tehéntrágya esetén megnövekedett a nZnO (<50 nm) és a nCuO (<60 nm) felvétele és raktározása a giliszta szöveteiben. A giliszta teljes tömege viszont a gombatrágyában csökkent jobban a koncentráció növekedésével, mint a tehéntrágyában. HEGGELUND et al. (2013) a pH hatását mutatták ki a toxicitásra a nZnO-nál, ezt a kioldódott Zn ionok mennyiségével magyarázták, amit a pH jelentősen befolyásol. A nTiO<sub>2</sub> vizsgálatokor MCSHANE et al. (2012) szignifikáns elkerülést fedeztek fel. Az *E. andrei* tesztállat a nagyszemcsés TiO<sub>2</sub>-dal kezelt talajban tartózkodott inkább a 20 nm-es nTiO<sub>2</sub>-dal kezelt talajjal szemben, akut és reprodukcióra ható toxicitást nem találtak ebben az esetben (6. táblázat). A nCeO<sub>2</sub>-dal végzett kísérletek során nem találtak letális és a reprodukciót befolyásoló hatásokat (LAHIVE et al. 2014, CARBONE et al. 2016, SERVIN et al. 2018), habár dózisfüggően nőtt a tesztállatok testében a cérium koncentráció (5–80 nm nCeO<sub>2</sub>) (LAHIVE et al. 2014). A nCeO<sub>2</sub> bioakkumulációjára vonatkozóan is eltérő eredményekkel találkozhatunk: CARBONE et al. (2016) egyáltalán nem tapasztaltak bioakkumulációt (50–105 nm nCeO<sub>2</sub>), ellenben SERVIEN et al. (2017) igen, akik biofaszén hozzáadásával tudták ezt befolyásolni (<25 nm nCeO<sub>2</sub>). Más fémoxidokkal is végeztek vizsgálatokat. A nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-nak nem (HECKMANN et al. 2011) vagy csak nagyon magas koncentrációban (≥3 mg/kg) (COLEMAN et al. 2010) volt hatása a reprodukcióra, letális hatást nem tapasztaltak (11 nm nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Habár más vizsgálatokban a giliszta bélflórájának létszámcsökkenését okozta a nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (54 nm), de ehhez még tudott alkalmazkodni a tesztállat, az *E. fetida* (YAUSHEVA et al. 2017). A nSiO<sub>2</sub> (HECKMANN et al. 2011) és a nTiSiO<sub>4</sub> (<50 nm) (BOUGUERRA et al. 2016) nem volt toxikus hatással a tesztelt giliszta fajokra. A nCuO toxicitására vizsgálatok szerint eltérő eredményeket kaptak. MCSHANE et al. (2013) nem tapasztaltak hatást, míg TATSU et al. (2018) közel 50 és 80 %-os mortalitást tapasztaltak 1000 mg/kg koncentrációnál az általuk tesztelt nCuO-NH<sub>4</sub> (9,53 ± 0,22) és nCuO-COOH (6,45 ± 0,16) anyagoknál. KWAK & AN (2015) összefoglaló cikkükben foglalkoztak többek között a nano-fémoxidok hatásaival is a földgilisztaakra. Az általuk összegyűjtött munkák alapján – párhuzamban az általunk talált forrásokkal – nem fejtettek ki hatást ezek az anyagok a túlélésre és a növekedésre. Emellett viszont ebből a fejezetből jól látható, hogy néhány nano-fémoxid kivételével mindegyik befolyásolja a reprodukciót és génszintű elváltozást is okozhatnak földgiliszta fajoknál.

**6. táblázat.** Különböző szemcseméretű fém-oxidok fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint toxicitása a földigilisztákra. *DV*: desztillált víz, *RV*: rekonstituált víz, *E*: elkerülés, *konc.*: koncentráció, *repr.*: reprodukciós siker.

**Table 6.** The physical and chemical properties and toxic effects of different particle sized metal oxides on earthworm. *DV*: distilled water, *RV*: reconstructed water, *E*: avoidance, *konc.*: concentration, *repr.*: reproduction success.

Teszt faj / Test species	Anyag / Test material	Teszt média / Test media	Anyag származása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizsgálati idő / Test duration	Hatás / Results* (EC <sub>50</sub> /LC <sub>50</sub> )	Referencia / Reference
<i>Eisenia fetida</i>	ZnO	mesterséges talaj	Aipurui Co., Ltd., Nanjing, China	10–20	7 nap	DNS sérülés, oxidatív stressz, celluláz inaktivitás, mitokondriális sérülés 1000 mg/kg koncentráció felett	HU et al. 2010
<i>Eisenia fetida</i>	ZnO	agar	Nanjing Emperor Nano Material Co., Nanjing, China	30±5	96 óra	DV: 232 mg/kg RV: 374 mg/kg	LI et al. 2011
<i>Eisenia veneta</i>	ZnO	DV	Sigma-Aldrich	15	24 óra	Nominális: 54,42 mg/l Visszamért: 1,75 mg/l	HOPPER et al. 2011
<i>Eisenia fetida</i>	ZnO	mesterséges talaj	Microniser Pth Ltd (Dandenong, Australia)	30	28 nap	Alacsony pH: 1669 mg/kg Közepes pH: 2094 mg/kg Magas pH: 2689 mg/kg	HEGGELUND et al. 2013
<i>Eisenia fetida</i>	TiO <sub>2</sub>	mesterséges talaj	Aipurui Co., Ltd., Nanjing, China	10–20	7 nap	DNS sérülés, oxidatív stressz, celluláz inaktivitás, mitokondriális sérülés 1000 mg/kg koncentráció felett	HU et al. 2010

6. táblázat. (Folytatás)

Table 6. (Continued)

Teszt faj / Test species	Anyag / Test material	Teszt média / Test media	Anyag szár- mazása / Origin of the material	Részecske nagyság / Particle size [nm]	Vizgá- lati idő / Test duration	Hatás / Results* (EC <sub>50</sub> /LC <sub>50</sub> )	Referen- cia / Referen- ce
<i>Eisenia andrei</i>	TiO <sub>2</sub>		Nanostructure d and Amorphous Materials	20±7		80 % TiO <sub>2</sub> E 10 000 mg/kg konc.	McSHANE et al. 2012
	-	mestersé- ges talaj	-	-	48 óra		
	TiO <sub>2</sub>		Nanostructure d and Amorphous Materials	20±7		58 % 20 nm TiO <sub>2</sub> E 10 000 mg/kg konc.	
	TiO <sub>2</sub>		Sigma-Aldrich	118±38			
<i>Eisenia fetida</i>	TiO <sub>2</sub>	természe- tes, gyűj- tött talaj	Nanostructure d and Amorphous Materials	20±7	20-23 hét	Metabolitikus aktivitás válto- zás	WHIT- FIELD ÅSLUND et al. 2011
<i>Lumbricus terrestris</i>	TiO <sub>2</sub>	víz	BASF, Germany	50	7 nap	Megnövekedett apoptikus aktivi- tás	LAPIED et al. 2011
<i>Eisenia fetida</i>	nanoko mpozit TiO <sub>2</sub>	petri csé- sze	BASF, Germany	14–16	24 óra	Megnövekedett apoptikus aktivi- tás	BIGORGNE et al. 2011
<i>Eisenia fetida</i>	TiO <sub>2</sub>		Evonik- Degussa	30±0,61		50,7±7,7 % repr. 1000 mg/kg konc.	HECK- MANN et al. 2011
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		University of Bremen	12–14		77,7±11,1 % repr. 1000 mg/kg konc.	
		mestersé- ges talaj			28 nap	153±65 % repr.	
	SiO <sub>2</sub>		Sigma-Aldrich	5–15		1000 mg/kg konc.	
	ZrO <sub>2</sub>		NanoAmor	20–30		106±28,2 % repr. 1000 mg/kg konc.	



## Áttekintés és következtetések

A talajba jutó nano-fémoxidok drasztikus változásokon mehetnek keresztül, kötődhetnek a talajszemcsékhez, bekövetkezhet agglomeráció vagy aggregáció a részecskék között, reakcióba léphetnek a talajban található szerves anyagokkal vagy a talajvízbe is oldódhatnak. Habár az általunk áttekintett publikációk még nem adnak általános érvényű következtetésekre alapot, mégis kijelenthetjük, hogy a talajba jutó nano-fémoxidok számottevő kockázatot képviselnek. A kísérletek nagy részében a környezetileg jelenleg releváns koncentrációk sokszorosánál értek el kimutatható toxikus hatásokat, ennek ellenére ez a koncentráció megnövekedhet és idővel el is érheti a krónikus vagy az akut toxicitási koncentrációkat is. Különösen különböző időjárási változások mellett és olyan területeken, ahol talajremediáció vagy víztisztító telepek iszapjának kihelyezése során közvetlenül bekerülhetnek a nano-fémoxidok a talajba (GARNER et al. 2017). Emellett a környezeti koncentráció előreláthatólag növekedni fog a jövőben, a megfelelő szabályozás és a hulladékkezelés hiányában. A jelenleg rendelkezésre álló tudományos információk alapján a legmagasabb kockázatnak a mikrofauna tagjai vannak kitéve. WU et al. (2012) *C. elegans* esetében krónikus kísérletnél már 10 µg/l-es koncentrációban szignifikáns mortalitást tapasztaltak a nTiO<sub>2</sub> hatására. Ugyanezt az eredményt nem tapasztalták akut vizsgálat során jóval magasabb koncentrációkban sem. Viszont ezeknél a vizsgálatoknál fontos befolyásoló tényező lehetett a felhasznált tesztközeg (mikrofauna esetében víz). A közeg toxicitást befolyásoló hatását több – jelen összefoglalóban is említett – cikk alátámasztja, mind a mikro-, mind a mezo- és a makrofauna tagjainál. GOTTSCHALK et al. (2009) és MCKEE & FILSER (2016) publikációja alapján a nTiO<sub>2</sub> PEC értéke talajra még ennél is alacsonyabb: 0,01–4,45 µg/kg. CHEN et al. (2017) munkájában felállításra került egy a fajok érzékenységi eloszlását (Species sensitivity distribution – SSD) vizsgáló modell a nanofémekre. Víziállatok és mikroorganizmusok érzékenységét gyűjtötték össze, itt középtájon helyezkedett el a mikrofauna, legérzékenyebbek a rákok bizonyultak. Nano-fémek hatásaira pontosabb eredményt kaphatunk, ha érzékenyebb tesztrendszereket használunk és a mortalitás mellett más végpontokat is megfigyelünk, mint például: testméret változás, mozgásképeség, reaktív oxigéngyök termelődés vagy akár génszintű változások. Az összegyűjtött eredmények közül sok mutatja, hogy míg akut letális hatást nem tapasztaltak, addig a krónikus teszt során vagy más végpont használatakor volt negatív hatása a tesztelt nano-fémoxidoknak. A talajfaunára kifejtett hatások vizsgálata során főképp arra a kérdésre keresték a választ, hogy van-e nanoméretből adódó megváltozott toxicitás. Számos közlemény célkitűzése az volt, hogy megismerje a választott nano-fémoxid toxicitását befolyásoló tényezőket és ezeknek a nanoanyagoknak a sorsát a környezetben. A szemcseméretből adódó toxicitás laboratóriumoktól függően eltérő volt. Az eltérés alapulhatott a különböző vizsgálati módszereken, és a felhasznált anyagok fizikai és kémiai különbözőségén. Többségében mégis a kisebb szemcseméretű nano-fémoxidok bizonyultak toxikusabbnak. A rendelkezésre álló adatok szerint – a vizsgált nano-fémoxid kémiai és fizikai tulajdonságai mellett – a teszt közeg, az UV fény, a talaj pH, az anyagok tesztbéli kijuttatási módszere, a vizsgált teszt-szervezet faji, vagy akár egyedi érzékenysége és fejlődési stádiuma a legfontosabb toxicitást befolyásoló tényező. Emellett több adatot találunk a nano-fémoxidok bioakkumulációjára és a táplálékláncban történő feldúsulásra is. A nano-fémoxidok közül a nZnO-ról és a nTiO<sub>2</sub>-ről találtunk legnagyobb mennyiségű publikációt, ez főleg a viszonylag nagy mennyiségű és több esetben közvetlen expozíciónak köszönhető (mezőgazdasági,

talajremediációs, víztisztítási felhasználás; hulladékként, másodlagos termékként való talajba kerülés). Több publikáció is rámutat ennek a két nano-fémoxidnak a fotoreaktív tulajdonságára és az UV sugárzásnak a toxicitást befolyásoló, legtöbb esetben növelő hatására. Az adatokat összehasonlítva kitűnik, hogy minden tesztelt talajállat csoport a nZnO-ra volt a legérzékenyebb a vizsgált nano-fémoxidok közül. A források összegyűjtésekor fontos szűrőnek ítéltük a felhasznált anyagok megfelelő karakterizációját, így az összefoglalóban említett vizsgálatoknál ezeket az adatokat megtalálhatjuk. Mégis fontos hiányosságként érzékeljük, hogy bár lassan több mint húsz éve folyik ezeknek az anyagoknak a kockázatbecslése, még mindig nagyon kevés a speciálisan nano-mérettartományhoz kifejlesztett vizsgálati módszer, mind a kémiai és fizikai tulajdonságok, mind a biológiai hatások felderítésére. Ebből adódóan a nano és a nagyszemcsés fémoxid toxicitásbeli különbségeinek okaira még mindig nem lehet egyértelmű választ adni. Elengedhetetlen lenne az olyan vizsgálatok elvégzése, ahol megfelelő analitikai és tesztelési módszerekkel a nanoreleváns tulajdonságok elkülönítése képezi a célt és a vizsgálatok eredményei alapján standardizálható módszerek kifejlesztésére lenne lehetőség. Ez elősegítené az anyagok kockázatának megismerését és a jövőbeli vizsgálatok összehasonlíthatóságát. Jó iránynak tartjuk az érzékenyebb végpontok és az egyedi hatásokon felüli, populációs hatások vizsgálatát, mivel ezek a kísérletek jobban rá tudnak mutatni a nano-fémoxidok összetett hatásaira, amelyeket a környezetbe kerülve kifejthetnek az ottani élővilágra.

**Köszönetnyilvánítás.** Szeretnénk köszönetet mondani a bírálóknak és a szerkesztőnek alapos munkájukért, amely nagyban hozzájárult az eredeti kézirat javításához. A munka elkészültét az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3-III-SZIE-7 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság programja és a 2017-1.3.1-VKE-2017-00001 számú kutatási projekt támogatta.

## Irodalomjegyzék

- ALAHDADI, I. & BEHBOUDI, F. (2014): The effects of CuO and ZnO nanoparticles on survival, reproduction, absorption, overweight, and accumulation in *Eisenia fetida* earthworm tissues in two substrates. *Int. Journal of Environmental Research* 9(1): 35–42.
- ARNOLD, M. C., BADIREDDY, A. R., WIESNER, M. R. DI GIULIO R. T. & MEYER J. N. (2013): Cerium Oxide Nanoparticles are More Toxic than Equimolar Bulk Cerium Oxide in *Caenorhabditis elegans*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 65: 224. <https://doi.org/10.1007/s00244-013-9905-5>
- ARUOJA, V., POKHREL, S., SIHTMAE, M., MORTIMER, M., MADLER, L. & KAHRU, A. (2015): Toxicity of 12 metal-based nanoparticles to algae, bacteria and protozoa. *Environmental Science: Nano* 2: 630–644. <https://doi.org/10.1039/C5EN00057B>
- BAALOUSHA, M. & LEAD, J. R. (2009): Overview of Nanoscience in the environment. In: LEAD, J.R. & SMITH, E (eds): *Environmental and Human Health Impacts of Nanotechnology*. Wiley-Blackwell, pp. 1–29. <https://doi.org/10.1002/9781444307504.ch1>
- BAKONYI, G., SERES, A., RÉPÁSI, V., JURIKOVÁ, T., SZEKERES, L. & BALLA, I. (2009): Új irányok a talajállatok ökotoxikológiájában. *Állattani Közlemények* 94: 3–17.

- BICHO, R. C., SANTOS, F. C. H., SCOTT-FORDSMAND, J. J. & AMORIM, M. J. B. (2017): Effects of copper oxide nanomaterials (CuONMs) are life stage dependent – full life cycle in *Enchytraeus crypticus*. *Environmental Pollution* 224: 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.067>
- BIGORGNE, E., FOUCAUD, L., LAPIED, E., LABILLE, L., BOTTA, C., SIRGUEY, C., FALLA, J., ROSE, J., JONER, E. J., RODIUS, F. & NAHMANI, J. (2011): Ecotoxicological assessment of TiO<sub>2</sub> byproducts on the earthworm *Eisenia fetida*. *Environmental Pollution* 159(10): 2698–2705. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.05.024>
- BONDARENKO, O., JUGANSON, K., IVASK, A., KASEMETS, K., MORTIMER, M. & KAHRU, A. (2013): Toxicity of Ag, CuO and ZnO nanoparticles to selected environmentally relevant test organisms and mammalian cells in vitro: a critical review. *Archives of Toxicology* 87: 1181–1200. <https://doi.org/10.1007/s00204-013-1079-4>
- BOUGUERRA, S., GAVINA, A., KSIBI, M., RASTEIRO, M. G., ROCHA-SANTOS, T. & PEREIRA, R. (2016): Ecotoxicity of titanium silicon oxide (TiSiO<sub>4</sub>) nanomaterial for terrestrial plants and soil invertebrate species. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 129: 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.038>
- BOXALL A. B., TIEDE K. & CHAUDHRY Q. (2007): Engineered nanomaterials in soils and water: how do they behave and could they pose a risk to human health? *Nanomedicine* 2: 919–27. <https://doi.org/10.2217/17435889.2.6.919>
- CHEN, G., PEIJNENBURG, W. J. G. M., XIAO, Y. & VIJVER, M. G. (2017): Developing species sensitivity distributions for metallic nanomaterials considering the characteristics of nanomaterials, experimental conditions, and different types of endpoints. *Food and Chemical Toxicology* 112: 563–570. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.04.003>
- CAÑAS, J. E., QI, B., LI, S., MAUL, J. D., COX, S. B., DAS, S. & GREEN, M. J. (2011): Acute and reproductive toxicity of nano-sized metal oxides (ZnO and TiO<sub>2</sub>) to earthworms (*Eisenia fetida*). *Journal of Environmental Monitoring* 13: 3351. <https://doi.org/10.1039/c1em10497g>
- CARBONE, S., HERTEL-AAS, T., JONER, E. J. & OUGHTON, D. H. (2016): Bioavailability of CeO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub> nanoparticles evaluated by dietary uptake in the earthworm *Eisenia fetida* and sequential extraction of soil and feed. *Chemosphere* 162: 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.044>
- CASTRO-FERREIRA, M. P., ROELOFS, D., VAN GESTEL, C. A. M., VERWEIJ, R. A., SOARES, A. M. V. M. & AMORIM, M. J. B. (2012): *Enchytraeus crypticus* as model species in soil ecotoxicology. *Chemosphere* 87: 1222–1227. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.01.021>
- COLEMAN, J. G., JOHNSON, D. R., STANLEY, J. K., BEDNAR, A. J., WEISS JR. C. A., BOYD, R. E. & STEEVENS, J. A. (2010): Assessing The Fate And Effects Of Nano Aluminum Oxide In The Terrestrial Earthworm, *Eisenia fetida*. *Environmental Toxicology And Chemistry* 29(7): 1575–1580. <https://doi.org/10.1002/etc.196>
- DIDDEN, W. A. M. & RÖMBKE, J. (2001): Enchytraeids as organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50: 25–43. <https://doi.org/10.1006/eesa.2001.2075>
- DÓZSA-FARKAS K. (2002): Mit érdemes tudni a televényférgekről (Enchytraeidae, Annelida)? *Állattani Közlemények* 87: 149–164.
- DUNPHY GUZMAN, K. A., FINNEGAN, M. P. & BANFIELD, J. F. (2006): Influence of Surface Potential on Aggregation and Transport of Titania Nanoparticles. *Environmental Science & Technology* 40(24): 7688–7693. <https://doi.org/10.1021/es060847g>
- FAJARDO, C., SACCÀ, M. L., COSTA, G., NANDE, M. & MARTINA, M. (2014): Impact of Ag and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles on soil organisms: In vitro and soil experiments. *Science of the Total Environment* 473–474: 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.043>

- FILSER, J. (2002): The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil. *Pedobiologia* 46: 234–245. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00130>
- FOUNTAIN, M. T. & HOPKIN, S. P. (2005): *Folsomia candida* (Collembola): A “Standard” Soil Arthropod. *Annual Review of Entomology* 50: 201–22. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130331>
- FOUNTAIN, M. T. & HOPKIN, S. P. (2011): Continuous Monitoring of *Folsomia candida* (Insecta: Collembola) in a Metal Exposure Test. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 48: 275–286. <https://doi.org/10.1006/eesa.2000.2007>
- GARNER, K. L., SUH, S. & KELLER, A. A. (2017): Assessing the Risk of Engineered Nanomaterials in the Environment: development and application of the nanoFate model. *Environmental Science and Technology* 51:5541–5551. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05279>
- GOGOS, A., MOLL, J., KLINGENFUSS, F., VAN DER HEIJDEN, M., IRIN, F., GREEN, M. J., ZENOBI, R. & BUCHELI, T. D. (2016): Vertical transport and plant uptake of nanoparticles in a soil mesocosm experiment. *Journal of Nanobiotechnology* 14: 40. <https://doi.org/10.1186/s12951-016-0191-z>
- GOMES, S. I. L., CAPUTO, G., PINNA, N., SCOTT-FORDSMAND, J. J. & AMORIM, M. J. B. (2015): Effect of 10 different TiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub> (nano)materials on the soil invertebrate *Enchytraeus crypticus*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 34: 2409–2416. <https://doi.org/10.1002/etc.3080>
- GOTTSCHALK, F. SONDERER, T., SCHOLZ, R.W. & NOWACK, B. (2009): Modeled Environmental Concentrations of Engineered Nanomaterials (TiO<sub>2</sub>, ZnO, Ag, CNT, Fullerenes) for Different Regions. *Environmental Science and Technology* 43: 9216–9222. <https://doi.org/10.1021/es9015553>
- GUPTA, S. & YADAV, S. (2014): Bioaccumulation of ZnO-NPs in Earthworm *Eisenia fetida* (Savigny). *Journal of Bioremediation and Biodegradation* 5: 250.
- HACKENBERGER, D. K., STJEPANOVIĆ, N., LONČARIĆ, Ž. & HACKENBERGER, B. K. (2019): Effects of single and combined exposure to nano and bulk zinc-oxide and propiconazole on *Enchytraeus albidus*. *Chemosphere* 224: 572–579. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.189>
- HECKMANN, L.-H., HOVGAARD, M. B., SUTHERLAND, D. S. AUTRUP, H., BESENBACHER, F. & SCOTT-FORDSMAND, J. J. (2011): Limit-test toxicity screening of selected inorganic nanoparticles to the earthworm *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology* 20: 226. <https://doi.org/10.1007/s10646-010-0574-0>
- HEGGELUND, L. R., DIEZ-ORTIZ, M., LOFTS, S., LAHIVE, E., JURKSCHAT, K., WOJNAROWICZ, J., CEDERGREEN, N., SPURGEON, D. & SVENDSEN, C. (2014): Soil pH effects on the comparative toxicity of dissolved zinc, non-nano and nano ZnO to the earthworm *Eisenia fetida*. *Nanotoxicology* 8(5): 559–572. <https://doi.org/10.3109/17435390.2013.809808>
- HOOPER, H. L., JURKSCHAT, K., MORGAN, A.J., BAILEY, J., LAWLOR, A. J., SPURGEON, D. J. & SVENDSEN, C. (2011): Comparative chronic toxicity of nanoparticulate and ionic zinc to the earthworm *Eisenia veneta* in a soil matrix. *Environment International* 37: 1111–1117. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.02.019>
- HOU, W.-C., WESTERHOFF, P. & POSNER, J. D. (2013): Biological accumulation of engineered nanomaterials: a review of current knowledge. *Environmental Sciences: Processes Impacts* 15: 103. <https://doi.org/10.1039/C2EM30686G>
- HRÁCS, K., SÁVOLY, Z., SERES, A. KISS, L. V., PAPP, I. Z., KUKOVECZ, Á., ZÁRAY, G. & NAGY, P. I. (2018): Toxicity and uptake of nanoparticulate and bulk ZnO in nematodes with different life strategies. *Ecotoxicology* 27: 1058. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1959-8>
- HRDÁ, K., OPRŠAL, J., KNOTEK, P., POUZAR, M. & VLČEK, M. (2016): Toxicity of zinc oxide nanoparticles to the annelid *Enchytraeus crypticus* in agar-based exposure media. *Chemical Papers* 70: 1512. <https://doi.org/10.1515/chempap-2016-0080>

- HRDÁ, K., POUZAR, M. & KNOTEK, P. (2018): Study of zinc oxide nanoparticles and zinc chloride toxicity to annelid *Enchytraeus crypticus* in modified agar-based media. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 22702. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2356-9>
- Hu, C. W., Li, M., Cui, Y. B., Li, D. S., Chen, J. & Yang, L. Y. (2010): Toxicological effects of TiO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles in soil on earthworm *Eisenia fetida*. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 586–591. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.12.007>
- IANNARELLI, L., GIOVANNOZZI, A. M., MORELLI, F., VISCOTTI, F., BIGINI, P., MAURINO, V., SPOTO, G., MARTRA, G., ORTEL, E., HODOROABA, V.-D., ROSSI, A. M. & DIOMEDEC, L. (2016): Shape engineered TiO<sub>2</sub> nanoparticles in *Caenorhabditis elegans*: a Raman imaging based approach to assist tissue-specific toxicological studies. *RSC Advances* 6: 70501. <https://doi.org/10.1039/C6RA09686G>
- JEMEC, A., DROBNE, D., REMSKAR, M., SEPCIC, K. & TISLER, T. (2008): Effects of ingested nano-sized titanium dioxide on terrestrial Isopods (*Porcellio scaber*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 27: 1904–1914. <https://doi.org/10.1897/08-036.1>
- KHARE, P., SONANE, M., PANDEY, R., ALI, S., GUPTA, K. C. & SATISH, A. (2011): Adverse effects of TiO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles in soil nematode, *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Biomedical Nanotechnology* 7: 116–117.
- KISS, I. & BAKONYI, G. (1992): Guideline for testing the effects of pesticides on *Folsomia candida* Willem (Collembola): laboratory tests. In: HASSAN S. A. (ed.): *Guidelines for Testing the Effects of Pesticides on Beneficial Organisms: Description of Test Methods*. IOBC/WPRS Bulletin XV. pp. 131–138.
- KISS, L. V., HRÁCS, K., NAGY, P. I. & SERES, A. (2015): Különböző szemcseméretű cink-oxid hatása talajlakó ugróvillás és fonálféreg tesztszervezetekre. *Állattani Közlemények* 100: 77–88. <https://doi.org/10.20331/AllKoz.2015.100.1-2.77>
- KISS, L. V., HRÁCS, K., NAGY, P. I. & SERES, A. (2016): Nano szemcseméretű fém-oxidok hatásai a talajban élő kiemelt ökológiai jelentőségű mikroorganizmusokra. – Szemle. *Agrokémia és Talajtan* 65: 115–134. <https://doi.org/10.1556/0088.2016.65.1.8>
- KISS, L.V., HRÁCS, K., NAGY, P. I. & SERES, A. (2018): Effects of Zinc Oxide Nanoparticles on *Panagrellus redivivus* (Nematoda) and *Folsomia candida* (Collembola) in Various Test Media. *International Journal of Environmental Research* 12: 233. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0086-y>
- KOOL, P. L., DIEZ ORTIZ, M. & VAN GESTEL, C. A. M. (2011): Chronic toxicity of ZnO nanoparticles, non-nano ZnO and ZnCl<sub>2</sub> to *Folsomia candida* (Collembola) in relation to bioavailability in soil. *Environmental Pollution* 159: 2713–2719. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.05.021>
- KOVÁTS, N., REICHEL, A., SZALAY, T., BAKONYI, G. & NAGY, P. (2004): ToxAlert Teszt Alkalmazása Talajszennyezettség Minősítésére. *Agrokémia és Talajtan* 53: 343–354. <https://doi.org/10.1556/Agrokem.53.2004.3-4.9>
- KWAK, J. I. & AN Y.-J. (2015): Ecotoxicological effects of nanomaterials on earthworms: A Review. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 21: 1566–1575. <https://doi.org/10.1080/10807039.2014.960302>
- LAHIVE, E., JURKSCHAT, K., SHAW, B. J., HANDY, R. D., SPURGEON, D. J. & SVENDSEN, C. (2014): Toxicity of cerium oxide nanoparticles to the earthworm *Eisenia fetida*: subtle effects. *Environmental Chemistry* 11: 268–278. <https://doi.org/10.1071/EN14028>
- LAPIED, E., NAHMANI, J. Y., MOUDILOU, E., CHAURAND, P., LABILLE, J., ROSE, J., EXBRAYAT, J.-M., OUGHTON, D. H. & JONER, E. J. (2011): Ecotoxicological effects of an aged TiO<sub>2</sub> nanocomposite measured as apoptosis in the anecic earthworm *Lumbricus terrestris* after exposure through water,

- food and soil. *Environment International* 37: 1105–1110.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.01.009>
- LAVELLE, P. (2002): Functional domains in soils. *Ecological Research* 17: 441–50.  
<https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2002.00509.x>
- LI, L-Z., ZHOU, D-M., PEIJENBURG, W. J. G. M., VAN GESTEL, C. A. M., JIN, S.-Y., WANG, Y-J. & WANG, P. (2011): Toxicity of zinc oxide nanoparticles in the earthworm, *Eisenia fetida* and subcellular fractionation of Zn. *Environment International* 37: 1098–1104.  
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.01.008>
- LI, Y., YU, S., WU, Q., TANG, M., PU, Y. & WANG, D. (2012): Chronic Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-nanoparticle exposure causes neurotoxic effects on locomotion behaviors by inducing severe ROS production and disruption of ROS defense mechanisms in nematode *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Hazardous Materials* 219–220: 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.03.083>
- LOKKE, H. & VAN GESTEL, C. A. M. (1998): *Handbook of Soil Invertebrate Toxicity Tests*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 281 pp.
- MA, H., KABENGI, N. J., BERTSCH, P. M., UNRINE, J. M., GLENN, T. C. & WILLIAMS, P. L. (2011): Comparative phototoxicity of nanoparticulate and bulk ZnO to a free-living nematode *Caenorhabditis elegans*: The importance of illumination mode and primary particle size. *Environmental Pollution* 159: 1473–1480. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.013>
- MA, H., LENZ, K. A., GAO, X., LI, S. & WALLIS, L. K. (2018): Comparative toxicity of a food additive TiO<sub>2</sub>, a bulk TiO<sub>2</sub>, and a nano-sized P25 to a model organism the nematode *C. elegans*. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 3556–3568.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-3810-4>
- MANZO, S., ROCCO, A., CAROTENUTO, R., DE LUCA PICIONE, F., MIGLIETTA, M. C., RAMETTA, G. & DI FRANZIA, G. (2011): Investigation of ZnO nanoparticles' ecotoxicological effects towards different soil organisms. *Environmental Science and Pollution Research* 18:756–763.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-010-0421-0>
- McKEE, M. S. & FILSER, J. (2016): Impacts of metal-based engineered nanomaterials on soil communities. *Environmental Science: Nano* 3: 506. <https://doi.org/10.1039/C6EN00007J>
- McSHANE, H. (2013): *Metal oxide nanoparticle chemistry and toxicity in soils*. Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Montreal. Thesis, 130 pp.
- McSHANE, H., SARRAZIN, M., WHALEN, J. K., HENDERSHOT, W. H., & SUNAHARA, G. I. (2012): Reproductive and behavioral responses of earthworms exposed to nano-sized titanium dioxide in soil. *Environmental toxicology and chemistry, SETAC* 31: 184–193.  
<https://doi.org/10.1002/etc.714>
- MORTIMER, M., KASEMETS, K., & KAHRU, A. (2010): Toxicity of ZnO and CuO nanoparticles to ciliated protozoa *Tetrahymena thermophila*. *Toxicology* 269: 182–189.  
<https://doi.org/10.1016/j.tox.2009.07.007>
- MORTIMER, M., KASEMETS, K., VODOVNIK, M., MARINŠEK-LOGAR, R. & KAHRU, A. (2011): Exposure to CuO Nanoparticles Changes the Fatty Acid Composition of Protozoa *Tetrahymena thermophila*. *Environmental Science & Technology* 2011: 6617–6624.  
<https://doi.org/10.1021/es201524q>
- NAGY, Á., KISS L. V., NAGY, P. I. & SERES, A. (2016): Különböző szemcseméretű cink-oxid hatása a talajlakó *Enchytraeus albidus* testszervezet túlélésére és reprodukciójára. In: DARVAS, B. (ed.): *VI. Ökotoxikológiai Konferencia előadás és poszter kötete*. Magyar Ökotoxikológiai Társaság, Budapest, p. 25.

- NOVAK, S., DROBNE, D., VALANT, J. & PELICON, P. (2012): Internalization of Consumed TiO<sub>2</sub> Nanoparticles by a Model Invertebrate Organism. *Journal of Nanomaterials* 658752: 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/658752>
- PAPPAS, S., TURAGA, U., KUMAR, N., RAMKUMAR, S. & KENDALL, R. (2017): Effect of Concentration of Silver Nanoparticles on the Uptake of Silver from Silver Nanoparticles in Soil. *International Journal of Environmental and Agricultural Research* 3: 80–90. <https://doi.org/10.25125/agriculture-journal-IJOEAR-MAY-2017-12>
- PENG, C., CHEN, Y., PU, Z., ZHAO, Q., TONG, X., CHEN, Y. & JIANG, L. (2017): CeO<sub>2</sub> nanoparticles alter the outcome of species interactions. *Nanotoxicology* 11: 625–636. <https://doi.org/10.1080/17435390.2017.1340527>
- RAJPUT, V. D., MINKINA, T. M., BEHAL, A., SUSHKOVA, S. N., MANDZHIEVA, S., SINGH, R., GOROVTSOV, A., TSITSUASHVILI, V. S., PURVIS, W. O., GHAZARYAN, K. A. & MOVSESYAN, H. S. (2018): Effects of zinc-oxide nanoparticles on soil, plants, animals and soil organisms: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 9:76–84. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2017.12.006>
- ROCHELEAU, S., ARBOUR, M., ELIAS, M., SUNAHARA, G. I. & MASSON, L. (2014): Toxicogenomic effects of nano- and bulk-TiO<sub>2</sub> particles in the soil nematode *Caenorhabditis elegans*. *Nanotoxicology* 9: 502–512. <https://doi.org/10.3109/17435390.2014.948941>
- ROH, J.-Y., PARK, Y.-K., PARK, K. & CHOI, J. (2010): Ecotoxicological investigation of CeO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> nanoparticles on the soil nematode *Caenorhabditis elegans* using gene expression, growth, fertility, and survival as endpoints. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 29: 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2009.12.003>
- ROMERO-FREIRE, A., LOFTS, S., PEINADO, F. J. M. & VAN GESTEL, C. A. M. (2017): Effects of ageing and soil properties on zinc oxide nanoparticle availability and its ecotoxicological effects to the earthworm *Eisenia andrei*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 36: 137–146. <https://doi.org/10.1002/etc.3512>
- RUI, Q., ZHAO, Y., WU, Q., TANG, M. & WANG, D. (2013): Biosafety assessment of titanium dioxide nanoparticles in acutely exposed nematode *Caenorhabditis elegans* with mutations of genes required for oxidative stress or stress response. *Chemosphere* 93: 2289–2296. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.08.007>
- SÁVOLY, Z., HRÁCS, K., PEMMER, B., STRELI, C., ZÁRAY, GY.; & NAGY, P. I. (2016): Uptake and toxicity of nano-ZnO in the plant-feeding nematode, *Xiphinema vuittenezi*: the role of dissolved zinc and nanoparticle-specific effects. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 9669–9678. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5983-4>
- SERES, A. & BAKONYI, G. (2002): A talajlakó állatok és az endomikorrhiza-gombák közötti kapcsolatok szerepe a növények tápanyagellátásában. *Agrokémia és Talajtan* 51: 535–546. <https://doi.org/10.1556/Agrokem.51.2002.3-4.17>
- SERES, A., BAKONYI, G. & POSTA, K. (2003): Ugróvillások (Collembola) szerepe a *Glomus mosseae* (Zygomycetes) arbuskuláris mikorrhiza gomba terjesztésében. *Állattani Közlemények* 88: 61–71.
- SERVIN, A. D., CASTILLO-MICHEL, H., HERNANDEZ-VIEZCAS, J. A., DE NOLF, W., DE LA TORRE-ROCHE, R., PAGANO, L., PIGNATELLO, J., UCHIMIYA, M., GARDEA-TORRESDEY, J. & WHITE, J. C. (2018): Bioaccumulation of CeO<sub>2</sub> Nanoparticles by Earthworms in Biochar-Amended Soil: A Synchrotron Microspectroscopy Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66: 6609–6618. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04612>
- SOKOLOV, S., TSCHULIK, K., BATCHELOR-MCAULEY, C., JURKSCHAT, K. & COMPTON, R. G. (2015): Reversible or not? Distinguishing agglomeration and aggregation at the nanoscale. *Analytical Chemistry* 6: 87. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b02639>

- SRPČIČ, A. M., DROBNE, D., & NOVAK, S. (2015): Altered physiological conditions of the terrestrial isopod *Porcellio scaber* as a measure of subchronic TiO<sub>2</sub> effects. *Protoplasma* 252: 415–422. <https://doi.org/10.1007/s00709-014-0682-4>
- TATSI, K., SHAW, B. J., HUTCHINSON, T. H. & HANDY, R. D. (2018): Copper accumulation and toxicity in earthworms exposed to CuO nanomaterials: Effects of particle coating and soil ageing. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 166: 462–473. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.054>
- TOURINHO, P. S., VAN GESTEL, C. A. M., LOFTS, S., SVENDSEN, C., SOARES, A. M. V. M. & LOUREIRO, S. (2012): Metal-based nanoparticles in soil: fate, behavior and effects on soil invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry* 31: 1679–92. <https://doi.org/10.1002/etc.1880>
- TOURINHO, P. S., VAN GESTEL, C. A. M., LOFTS, S., SOARES, A. M. V. M. & LOUREIRO, S. (2013): Influence of soil pH on the toxicity of zinc oxide nanoparticles to the terrestrial Isopod *Porcellionides pruinosus*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 32: 2808–2815. <https://doi.org/10.1002/etc.2369>
- TOURINHO, P. S., WAALEWIJN-KOOL, P. L., ZANTKUIJL, I., JURKSCHAT, K., SVENDSEN, C., SOARES, A. M. V. M., LOUREIRO, S. & VAN GESTEL, C. A. M. (2015): CeO<sub>2</sub> nanoparticles induce no changes in phenanthrene toxicity to the soil organisms *Porcellionides pruinosus* and *Folsomia candida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 113: 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.006>
- VALANT, J., DROBNE, D. & NOVAK, S. (2012): Effect of ingested titanium dioxide nanoparticles on the digestive gland cell membrane of terrestrial isopods. *Chemosphere* 87: 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.11.047>
- WAALEWIJN-KOOL, P. L., DIEZ ORTIZ, M. & VAN GESTEL, C. A. M. (2012): Effect of different spiking procedures on the distribution and toxicity of ZnO nanoparticles in soil. *Ecotoxicology* 21: 1797–1804. <https://doi.org/10.1007/s10646-012-0914-3>
- WAALEWIJN-KOOL, P. L., DIEZ ORTIZ, M., VAN STAALLEN, N. M. & VAN GESTEL, C. A. M. (2013): Sorption, dissolution and pH determine the long-term equilibration and toxicity of coated and uncoated ZnO nanoparticles in soil. *Environmental Pollution* 178: 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.003>
- WANG, H., WICK, R. L. & XING, B. (2009): Toxicity of nanoparticulate and bulk ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> to the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Pollution* 157: 1171–1177. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.11.004>
- WHITFIELD ÅSLUND, M. L., MCSHANE, H., SIMPSON, M. J., SIMPSON, A. J., WHALEN, J. K., HENDERSHOT, W. H. & SUNAHARA, G. I. (2012): Earthworm Sublethal Responses to Titanium Dioxide Nanomaterial in Soil Detected by <sup>1</sup>H NMR Metabolomics. *Environmental Science & Technology* 46: 1111–1118. <https://doi.org/10.1021/es202327k>
- WU, Q., WANG, W., LI, Y., LI, Y., YE, B., TANG, M. & WANG, D. (2012): Small sizes of TiO<sub>2</sub>-NPs exhibit adverse effects at predicted environmental relevant concentrations on nematodes in a modified chronic toxicity assay system. *Journal of Hazardous Materials* 243: 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.10.013>
- WU, Q., ZHAO, Y., LI, Y. & WANG, D. (2014): Susceptible genes regulate the adverse effects of TiO<sub>2</sub>-NPs at predicted environmental relevant concentrations on nematode *Caenorhabditis elegans*. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine* 10: 1263–1271. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2014.03.010>
- WU, S., LU, J., RUI, Q., YU, S., CAI, T. & WANG, D. (2011): Aluminum nanoparticle exposure in L1 larvae results in more severe lethality toxicity than in L4 larvae or young adults by strengthening the formation of stress response and intestinal lipofuscin accumulation in nematodes.



*Environmental toxicology and pharmacology* 31: 179–188.  
<https://doi.org/10.1016/j.etap.2010.10.005>

- YOUSHEVA, E. A., SIZOVA, E., GAVRISH, I.A., LEBEDEV, S. V. & KAYUMOV, F. G. (2017): Effect Of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Nanoparticles On Soil Microbiocenosis, Antioxidant Status And Intestinal Microflora Of Red Californian Worm (*Eisenia foetida*). *Agricultural Biology* 52: 191–199.  
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.191eng>
- YEO, M. K. & NAM, D. H. (2013): Influence of different types of nanomaterials on their bioaccumulation in a paddy microcosm: A comparison of  $\text{TiO}_2$  nanoparticles and nanotubes. *Environmental Pollution* 178: 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.040>
- YU, S., RUI, Q., CAI, T., WU, Q., LI, Y. & WANG, D. (2011): Close association of intestinal autofluorescence with the formation of severe oxidative damage in intestine of nematodes chronically exposed to  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -nanoparticle. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 32: 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2011.05.008>
- ZHANG, W., PU, Z., DU, S., CHEN, Y. & JIANG, L. (2016): Fate of engineered cerium oxide nanoparticles in an aquatic environment and their toxicity toward 14 ciliated protist species. *Environmental Pollution* 212: 584–591. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.03.011>

## Toxic effects of nanosized metal oxides on soil animal groups of key importance – A review

LOLA VIRÁG KISS<sup>1\*</sup>, GERGELY BOROS<sup>1,2,3</sup>, ANIKÓ SERES<sup>1</sup> & PÉTER ISTVÁN NAGY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Zoology and Animal Ecology, Szent István University, Páter K. u. 1., H-2100 Gödöllő, Hungary

<sup>2</sup>MTA Centre for Ecological Research, Institute of Ecology and Botany,  
Alkotmány u. 2–4., H-2163 Vácrátót, Hungary

<sup>3</sup>MTA Centre for Ecological Research, GINOP Sustainable Ecosystem Research Group,  
Klebelsberg K. u. 3., H-8237 Tihany, Hungary

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) 105(1–2): 29–57.

**Abstract.** The amount of nanoparticulated metal-oxides is steadily increasing in the soil, therefore the adverse effects on key-factor soil animal groups are rising. Although their environmental concentrations in most cases still do not reach the minimum acute toxicity threshold, these substances are able to create long-term adverse effects, can undergo bioaccumulation and also biomagnification. In addition, their environmental concentrations are expected to increase in the future. Negative effects of nano-metaloxides are tested on more sensitive endpoints, like forms of interactions and also population effects in some studies. This is a feasible way to make the outcome of this research direction more environmentally relevant. Most of the articles reported differences between the toxicity of nano- and bulk metal oxides, with a smaller particle size proved to be more toxic. However, the mechanisms behind these findings are hardly explained. Furthermore, little information is available on the fate of nano- and bulk metal oxides in soil. In our opinion, there is an urgent need to develop a new test methodology, specifically for the nano-size range, to better explore the chemical and physical properties as well as the biotic effects of these materials.

**Keywords:** nanometal-oxide, soil animal, nanotoxicology.

**Accepted:** 26.09.2019

**Published online:** 10.12.2019



## A csíz (*Spinus spinus*) előfordulása Délkelet-Magyarországon

BOZÓ LÁSZLÓ

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék,  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C E-mail: bozolaszlo91@gmail.com

**Összefoglalás.** A csíz (*Spinus spinus* (LINNAEUS, 1758)) az északi félteke túlevelű és lombelegyes erdőkkel borított területein költ. Legtöbb állománya vonuló és tipikus inváziós madárfajnak tekinthető, mivel bizonyos években a szokásosnál jóval nagyobb mennyiségben jelentkezik a telelőterületeken. Magyarországon kis számban fészkel, de az ország nagy részén csak az ősztől tavaszig terjedő időszakban találkozhatunk vele. A hazánkon átvonuló madarak vonulása viszonylag jól ismert, ám ezek a vizsgálatok nagyrészt csak az ország néhány pontján történt gyűrűzések eredményeire épülnek, többek között a délkeleti országrészből sem állnak rendelkezésre publikációk. Dolgozatomban egy délkelet-magyarországi terület csízadatait elemeztem, különös tekintettel a faj vonulására, illetve a téli és nyári előfordulásokra. Munkám során elsősorban kézitávcsöves megfigyelésekre támaszkodtam, melynek során 2004 és 2019 között 1811 megfigyelési nap közül 300 napon figyeltem meg csízeket. A madarak tavaszi vonulása március eleje és április vége között zajlott, csúcsa április elején volt, ami az országos átlaghoz képest később van. Az őszi vonulás időzítése (szeptember vége – november vége) hozzávetőleg 10 nappal esik későbbre, mint az országos átlag. Télen meglehetősen ritka, míg nyáron szintén előkerült már a területről. Jellemzően magános madarak vagy kisebb csapatok kerültek szem elé. A vonulás időzítése valószínűleg azért tér el az országos átlagtól, mert ezek a madarak más, vélhetően az Erdélyi-szigethegységből származó populációkból származnak, nem pedig a Kárpát-medencén kívülről.

**Kulcsszavak:** énekesmadár-vonulás, pintyfélék, invázió, Délkelet-Magyarország.

**Elfogadva:** 2019.11.02.

**Elektronikusan megjelent:** 2019.12.10.

### Bevezetés

A csíz (*Spinus spinus* (LINNAEUS, 1758)) Eurázsia széles körben elterjedt, monotipikus pintyféléje, amelynek két, földrajzilag jól elkülönülő populációja él Európában egészen Oroszország középső részéig, valamint a Távols-Keleten (CLEMENT 2019). Jellemzően sík- és hegyvidéki lucfenyvesekben költ (CLEMENT 2019), de esetenként égerlápon is fészkelhet (NAGY 1934). Magyarországon kisszámú fészkelő az Alpokalján, az Őrségben, a Bakonyban, a Bükkben és a Zempléni-hegységben (MME NOMENCLATOR BIZOTTSÁG 2008). Bár költését már a 20. század első felében is feltételezték a költési időben történő megfigyelések alapján a Soproni-hegységben (GYÖRY 1957), a Kőszegi-hegységben (CHERNEL 1907), a Hanságban (PÁTKAI 1934), a Zempléni-hegységben (SZIJJ 1955) és a Bükkben is (MAUKS

1924), bizonyítani azonban csak 1959-ben sikerült az utóbbi helyen (SZABÓ & GYŐRI 1962). Emiatt HARASZTHY (2019) szerint a fajt alkalmi fészkelőnek kell tekinteni Magyarországon, mert az ötvenes évek végén a Bükkben talált két fészken kívül azóta sem került elő újabb hazánk területén, a június-júliusban megfigyelt fiatalok pedig akár a határ túlsóoldalaról is származhatnak. Évente egyszer, esetleg kétszer költ, első fészkelje márciusban és április elején teljes lehet, míg második költését május végén – július elején kezdi (KÁRPÁTI 1998, HARASZTHY 2019). A fiatalok önállósodását követően kóborlásba kezdenek és már június végén csapatokban mozognak (KÁRPÁTI 1998, HARASZTHY 2019). A költési időszakban esetenként olyan területeken is látták a fajt, ahol egyébként fészkelése nem elképzelhető. MOLNÁR (1995) négy alkalommal is megfigyelte a faj egyedeit a Bakony különböző részein június eleje és július vége között, míg LENNER (1982) a Komárom-Esztergom megyei Sárísáp – Annavölgy térségéből említi július eleji előfordulását. Nemcsak a hegy- és dombvidéken, hanem az Alföldön is felbukkanhatnak átnyaráló egyedek (HARKA 2010).

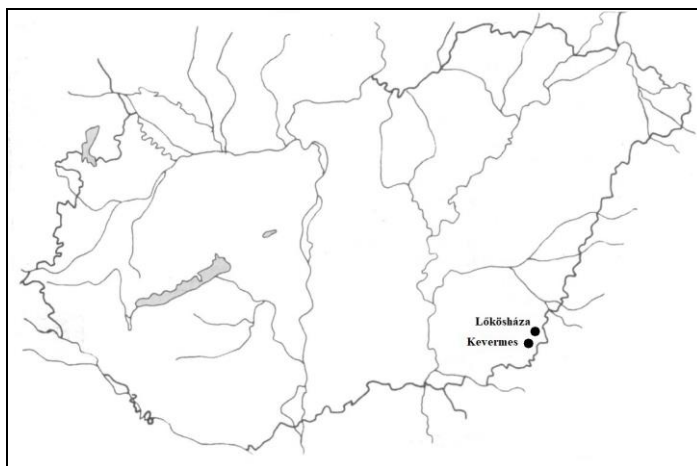
A költőterület északi részén fészkelő populációk parciális vonulók, míg a déli állományok állandók (HALMOS 2009). Jellemző rá az inváziós hajlam. Azokban az években, amikor a fő tápláléknak számító éger és nyír termése gyengébb a költőterületeken, Európa azon területein is megjelenik, ahol egyébként nem szokott előfordulni (HALMOS 2009). A telelési stratégia nem a populációkra, hanem azok egyedeire jellemző, hiszen amíg ugyanazon populáció egyes egyedei télen nomád viselkedést mutatnak, másokra erős területhűség jellemző (SENAR et al. 1990, 1992). A nomadizáló madarak még akkor sem feltétlenül maradnak egy adott helyen, ha ott állandó táplálékforrás (pl. madáretető) áll a rendelkezésükre (SENAR et al. 1992). Magyarországon az őszi vonulás szeptember elején kezdődik és egy október közepi-végi csúccsal decemberben ér véget. Tavasszal februárban indul a vonulás, február végén – március elején tetőzik és áprilisra le is cseng (HALMOS 2009), ugyanakkor esetenként még május elején is előfordulhatnak átvonuló egyedek (KÁRPÁTI 1998). A hazánkban átvonuló madarak a gyűrűzési adatok alapján elsősorban a Balti-tenger környéki államokból származnak és Olaszországban töltik a telet, de ettől nyugatabbra és keletebbre is elmozdulhatnak (HALMOS & CSÖRGŐ 1999, HALMOS 2009). Nálunk csak kis számban telet át a faj, főként nyíreszekben és égerlápokon (KÁRPÁTI 1998).

Jelen dolgozatomban a csíz délkelet-magyarországi előfordulását mutatom be, mivel az irodalomban az ország ezen részéről nem találhatunk információt a fajról. Munkám során a faj tavaszi és őszi vonulását írtam le, valamint adatokat közlök nyári és téli előfordulásokról is.

## **Anyag és módszer**

Az adatok Kevermes és Lökösháza települések mintegy 8000 hektáros kül- és belterületéről származnak, a 2004. október és 2019. június közötti időszakból (1. ábra). A kutatásba bevont terület határának a települések közigazgatási határát tekintettem. A legtöbb megfigyelés a kevermesi sóderbánya környékén található ültetett erdőkből, illetve Kevermes belterületéről származik, de kiemelendő a településtől délre fekvő, szintén ültetett Tábornokerdő is. Az említett erdők domináns fája a nemesnyár, az akác és a nyugati ostorfa, de elegyben szil, kőris, vadkörte, dió és tölgy is előfordul területükön. A belterületen az át-re-

pülő madarak mellett elsősorban nyírfákon táplálkozó egyedek kerültek szem elé. A különböző években történt megfigyelési napok számát és a pontos megfigyelési időszakokat az 1. táblázat ismerteti.



1. ábra. Áttekintő térkép a vizsgálati terület országon belüli elhelyezkedéséről.

Figure 1. The location of the study area within Hungary.

A megfigyeléseket a terület kerékpáros és gyalogos bejárásával, kézitávcső és fényképezőgép használatával végeztem. A madarak határozása általában hang alapján történt, mivel jellemzően átrepülő példányokat figyeltem meg. Adatnak azok a megfigyelési napok számítanak, amelyeken észleltem a fajt. Tavasznak a február 10. és május 10. közti időszakot tekintetem, míg az őszi szeptember 1. és december 10. közé esik.

Az őszi és tavaszi vonulás kezdete átlagának azon napok dátumának átlagait tekintetem, amikor először figyelt meg csízt ősszel, illetve tavasszal. Az őszi és tavaszi vonulási szezonok medián dátumai közti eltérések kimutatásához Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztam, míg azt, hogy mely évek vonulása különbözött szignifikánsan egymástól és melyeké nem, Mann-Whitney párosított tesztel vizsgáltam meg.

Mivel a térségben 2010 óta rendszeres madárgyűrűzési tevékenységet is folytatok, ezért jelen dolgozatban megemlíttem azt a néhány gyűrűzési adatot is, ami a fajra vonatkozik. A helyi gyűrűzések módszertanáról és eredményeiről korábbi publikációkban már beszámoltam (BOZÓ 2016, 2017, BOZÓ et al. 2017, BOZÓ & BOZÓNÉ BORBÁTH 2018), így itt csak annyit tennék hozzá kiegészítésül, hogy egyetlen esetben sem használtam hívóhangot a csízek befogására.

A szövegben található ábrák a Microsoft Excel 2013 program felhasználásával készültek, míg a statisztikai elemzéshez az R 3.2.4 programot használtam (R CORE TEAM 2016).

**1. táblázat.** Az évenkénti megfigyelési napok száma és a pontos megfigyelési időszakok.**Table 1.** Number of annual observation days and exact observation periods.

Év	Megfigyelési napok száma	Időszak
2004	25	október 23. - december 31.
2005	115	január 8. - december 31.
2006	99	január 1. - december 31.
2007	97	január 2. - december 31.
2008	62	január 3. - december 25.
2009	72	január 12. - december 28.
2010	22	január 9. - december 23.
2011	11	január 4. - december 22.
2012	54	január 18. - december 27.
2013	204	január 2. - december 31.
2014	193	január 2. - december 31.
2015	165	január 1. - december 17.
2016	161	január 4. - december 31.
2017	150	január 3. - december 31.
2018	181	január 1. - december 29.
2019	106	január 1. - július 31.

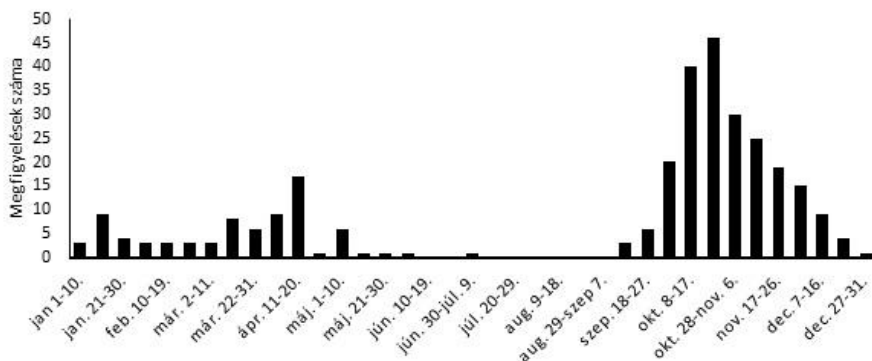
**Eredmények**

A csíz megfigyelési adatok éven belüli eloszlását a 2. ábra szemlélteti. A legtöbb adat ősszel októberből (115) és novemberből (68), míg tavasszal áprilisből (29) származik. A téli időszakban (december 10. – február 10. között) összesen 28 alkalommal került elő a faj, ám a képet árnyalja a 2015–2016-os inváziója, amikor ebben az időszakban is gyakori volt a területen. Ettől eltekintve, a megfigyelések száma kilencre csökken.

A tavaszi vonulás kilenc év átlaga alapján március 6-án kezdődött ( $SD = 20,9$ ) (legkorábban 2016. február 11-én) és kilenc év átlaga alapján április 25-án ért véget ( $SD = 10,4$ ) (legkésőbb 2015. és 2016. május 6-án). A tavaszi vonulás mediánja április 7-én volt ( $SD = 20,1$ ). A 2013 és 2019 közötti tavaszi vonulási szezonok mediánjai között szignifikáns eltérés mutatkozott (Kruskal-Wallis teszt,  $H = 14,83$ ,  $p = 0,02147$ ). A 2013 és 2015 tavaszi vonulási szezonok mediánértékei szignifikánsan különböztek a többi szezon értékeitől (2. táblázat), ezekben az években ugyanis a vonulás később zajlott.

A nyári időszakban (május 11. – augusztus 31.) összesen négy alkalommal került elő (2013. május 11., Tábornok-erdő, 1 öreg tojó példány; 2014. július 6., Tábornok-erdő, 2 példány; 2015. június 5., belterület, 2 példány; 2016. május 28., sóderbánya, 1 példány).

A vonulás ősszel 12 év átlaga alapján szeptember 27-én kezdődött ( $SD = 9,4$ ) (legkorábban 2006. szeptember 10-én) és 9 év átlaga alapján november 27-én ért véget ( $SD = 6,5$ ) (legkésőbb 2015. december 10-én). Az őszi vonulási szezonok mediánjai között szignifikáns különbség volt (Kruskal-Wallis teszt,  $H = 13,02$ ,  $p = 0,042$ ). A 2015 őszi vonulási szezon mediánértéke szignifikánsan különbözött 2012, 2017 és 2018-as szezonok értékeitől (2. táblázat), 2015-ben ugyanis a vonulás később zajlott.



2. ábra. A csíz megfigyelési adatok éven belüli eloszlása.

Figure 2. Distribution of observation data of Eurasian Siskin within year.

A legintenzívebben vizsgált hét telelési szezon (ősztől tavaszig terjedő időszak) során rögzített megfigyelések számát a 3. ábrán mutatom be. Ebből jól látszik, hogy a 2012 ősztől 2019 tavaszáig terjedő időszakban a legtöbb megfigyelés a 2015–2016-os szezonban volt (66), egyébként 21 és 37 között mozgott a szezononkénti megfigyelések száma.

A csízek csapatainak létszáma átlagosan 3,4 példány volt ( $SD = 3,8$ ). A legtöbb esetben (41 adat, 37,3%) magános madarak kerültek szem elé, a 2–5 madárból álló csapatok aránya összesen 48,2% volt, míg 6 vagy annál több példányos csapatokat csak az esetek 14,6%-ában figyeltem meg. Legnagyobb csapata 20 példányos volt (2005. november 9.).

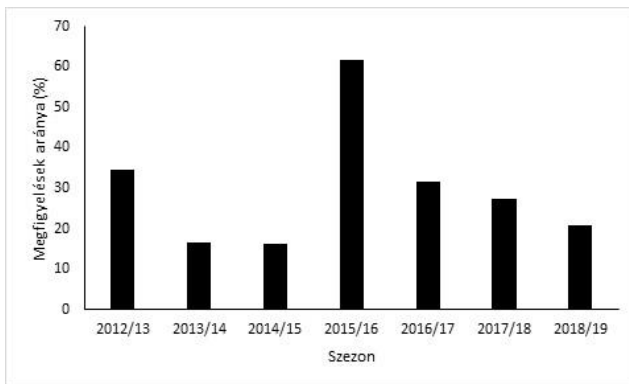
A 2015/16-os inváziója során október 26. és december 16. között nyolc példányt gyűrttem meg a sóderbánya területén (ebből hét fiatal és egy öreg korú, ill. hat hím és két tojó ivarú volt). Ezen kívül a fácántelemnél lévő belvízelvezető csatornában is fogtam egy fiatal hímét 2018. október 15-én.



**2. táblázat.** A különböző tavaszi és őszi vonulási szezonok közti különbségek (Mann-Whitney párosított teszt p értékei).

**Table 2.** Differences between the different migration seasons in spring and autumn (p values of Mann-Whitney pairwise test).

<b>Tavaszi</b>	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2013	-	0,1408	0,2339	0,5103	<b>0,0275</b>	<b>0,0097</b>	<b>0,0011</b>
2014	0,1408	-	0,1939	0,9146	0,5892	0,6689	0,6430
2015	0,2339	0,1939	-	0,3923	0,0538	<b>0,0252</b>	<b>0,0109</b>
2016	0,5103	0,9146	0,3923	-	0,8597	0,9362	0,9530
2017	<b>0,0275</b>	0,5892	0,0538	0,8597	-	0,8594	0,5365
2018	<b>0,0097</b>	0,6689	<b>0,0252</b>	0,9362	0,8594	-	0,7679
2019	<b>0,0011</b>	0,6430	<b>0,0109</b>	0,9530	0,5365	0,7679	-
<b>Ősz</b>	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2012	-	0,1663	0,1232	<b>0,0059</b>	0,2706	0,8466	0,4040
2013	0,1663	-	0,8716	0,0722	0,9834	0,1793	0,5333
2014	0,1232	0,8716	-	0,1488	0,8755	0,1455	0,4039
2015	<b>0,0590</b>	0,0722	0,1488	-	0,1532	<b>0,0108</b>	<b>0,0197</b>
2016	0,2706	0,9834	0,8755	0,1532	-	0,2654	0,6059
2017	0,8466	0,1793	0,1455	<b>0,0108</b>	0,2654	-	0,4758
2018	0,4040	0,5333	0,4039	<b>0,0197</b>	0,6059	0,4758	-



**3. ábra.** A legintenzívebben vizsgált hét telelési szezon (2012 ősztől 2019 tavaszáig) során rögzített megfigyelések. Az ábrán közölt százalékos adatok azt jelzik, hogy a terepen töltött napok hány százalékában észleltem a fajt.

**Figure 3.** The number of observations recorded during the seven most intensively studied wintering seasons (autumn 2012 to spring 2019). The values shown in the figure indicate the ratio between the days when I did field observations and when I observed the species.

## Értékelés

Eredményeim szerint a csíz rendszeres tavaszi és őszi átvonuló, ill. kisszámú téli vendég és ritka nyári kóborló Békés megye délkeleti részén. Tavaszi vonulásuk jellemzően március elején kezdődik el és átlagosan április végén ér véget egy április eleji csúccsal. Ez a mintázat eltér a hazai gyűrűzési eredmények alapján megállapított dinamikától, miszerint a faj vonulása február végén – március elején tetőzik és áprilusra lecseng (HALMOS 2009). Az eltérés oka minden bizonnyal az lehet, hogy ezen a területen más populációk egyedei vonulnak át, mint amiket nagy számban gyűrűztek az ország különböző, elsősorban középső részein. Ezt támasztja alá az a tény, hogy a faj Magyarországon gyűrűzött külföldi vonatkozású, valamint a külföldön gyűrűzött és hazánkban visszafogott madarak adatai Európa minden területéről származnak, nincs határozott vonulási irány, így azok szinte bármelyik fészkelő populáció tagjai lehetnek (HALMOS & CSÖRGŐ 1999, HALMOS 2009). A csíz hozzánk legközelebb az Erdélyi-szigethegységben költ (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2019), ám ezen a területen nincs rendszeres madárgyűrűzés, így a helyi állomány vonulási irányáról sincs információ. A tavaszi vonulás eltérő időzítése tehát valószínűleg azért van, mert a madarak nem a Kárpát-medencén túlról, hanem annak területéről származhatnak. Az Erdélyi-szigethegységgel való kapcsolatot feltételezik a faj május eleji adatai is, hiszen a hó elején több esetben is szem elé kerültek egyedei. KÁRPÁTI (1998) említést tesz alkalmi május eleji vonulásról is, ám HALMOS (2009) a teljes hazai gyűrűző adatbázist figyelembe véve erről nem ír. Feltételezhetnénk akár kapcsolatot is az inváziós évek és ezen késői adatok között, méghozzá úgy, hogy inváziós években elhúzódik a madarak vonulása, ám az adataink ezt egyáltalán nem támasztják alá. Ennek nyomán pedig még inkább helytálló az a korábbiakban felvázolt elképzelés, miszerint a nálunk átvonuló, valószínűleg az Erdélyi-szigethegységben fészkelő populáció vonulása eltér az országos átlagtól és rendszeresen elhúzódhat május első harmadáig.

A nyári adatok május közepe és július eleje között szórnak, hasonlóan az irodalomban fellelhető, az ország különböző pontjairól származó, nem helyben fészkelő madarak adataihoz (LENNER 1982, FENYŐSI 1994, MOLNÁR 1995, HARKA 2010). Az időszak első felében megfigyelt egyedek valószínűleg költésből kimaradt példányok, míg a június-júliusi madarak akár már azévi fiatalok is lehetnek, amelyek költés utáni diszperziós mozgásuk révén juthattak el hozzánk.

Az őszi vonulás szeptember vége és november vége között zajlott október végi csúccsal, ami nagyjából egybeesik az országban általánosan jellemző vonulási időszakokkal (HALMOS 2009). Annyi különbség azonban mégis mutatkozik, hogy a kutatási területemen egy dekáddal későbbre tolik a vonulási hullám. Ennek hátterében egyaránt állhatnak a fentiekben részletezett populációs különbségek, kiegészítve annyival, hogy a későbbi tavaszi vonulás miatt valószínűleg a madarak költése is eltolódik, ami miatt később kezdik el az őszi vonulásukat. Másik lehetséges magyarázat lehet az is, hogy a fajt jelentős részben tőlünk északabbra fekvő gyűrűzőállomásokon jelölték, így több idő kell nekik, amíg eljutnak a délebben fekvő földrajzi szélességekre. Egy korábbi tanulmányban hasonló mintázatot találtunk a sisegő füzike (*Phylloscopus sibilatrix*) és csilpcsalpfüzike (*Ph. collybita*) esetén is (BOZÓ & BOZÓNÉ BORBÁTH 2018).

Télen csak kis számban lehet csízekkel találkozni a térségben, aminek legvalószínűbb magyarázata az, hogy nincsenek olyan táplálkozóhelyek (nyír- és égerfák), amelyek alkal-

masak lennének a faj számára huzamosabb ideig történő helyben tartózkodásra. Másrészt pedig egyáltalán nem jellemző a fajra a szezonon belüli telelőterület-hűség, még olyan helyeken sem, ahol egyébként nagy mennyiségű és állandó táplálékforrás áll a rendelkezésükre (SENAR et al. 1992), így nem is lehet elvárni, hogy rendszeresen feltűnjenek a területen.

Ahogy korábban említettem, jellemző rá az inváziós hajlam, jelentősebb invázióit azonban csak ritkán jegyezhetjük fel. HALMOS (2009) a gyűrűzési adatok alapján 2006-ig csupán három olyan évet (1975, 1985, 2000) emel ki, amikor a hazánkban gyűrűzött csízek száma meghaladta az 5000 példányt, míg a 2006 és 2018 közötti időszakban egyetlen ilyen év sem volt Magyarországon (MAGYAR MADÁRTANI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI EGYESÜLET 2019). Ennek ellenére a kutatási területemen a 2015/16-os szezon során jelentősebb invázióját tapasztaltam. Ebben a szezonban hozzávetőleg kétszer annyi adata volt a fajnak a területről, mint a többi szezonban és voltak áttelelő példányok is. Ennek a helyi invázióknak a hátterében a nálunk átvonuló populációknál bekövetkezett kimagasló költési siker, illetve ezzel összefüggésben a fészkelőterületeken fellépő táplálékhiány állhat.

Nincsen elegendő mennyiségű adatunk az átvonuló madarak ivararányára vonatkozóan, ugyanakkor az eddig gyűrűzött kilenc madárból hét hím volt. Ez párhuzamba állítható PAYEVSKY (1994, 2012) eredményeivel a Balti-tenger keleti részén, miszerint a hímek mind a tavaszi, mind az őszi vonulás során nagyobb arányban vannak jelen a csapatokban, mint a tojók. Ez a megállapítás a legtöbb telelőterületre igaz (HALMOS 2009), de természetesen az alacsony mintaelemszám miatt helyi szinten nem lehet határozott kijelentést tenni.

A csapatok átlagos példányszáma (3,4) jóval alacsonyabb, mint amit KÁRPÁTI (1998) leírt. Szerinte a csapatok átlagos példányszáma csak ritkán kevesebb 10–20-nál, néha pedig akár százas nagyságrendűek is lehetnek azok. Még a 2015/16-os inváziója során sem voltak nagy példányszámú csapatok, téli és nyári előfordulásai során pedig egy-két példánynál több nem szokott szem elé kerülni. KÁRPÁTI (1998) megfigyelései minden bizonnyal a hegyvidéki, illetve az ország középső részein található, a csízek számára megfelelő táplálékforrással rendelkező területein történtek. Az ország délkeleti csücskében, ahol a szántóföldek aránya 90% feletti, nincsenek megfelelő táplálkozóhelyek, így minden bizonnyal ezért nincsenek nagy egyedszámú csapatok. A másik magyarázat pedig az lehet, hogy jóval kisebb földrajzi területről érkeznek ide a madarak, például az Erdélyi-szigethegységéből és ezért nincsenek több százas csapatok.

A jelenlegi eredmények terepi megfigyeléseken alapszanak, míg az országos adatok elsősorban gyűrűzéseken. Éppen ezért célszerű lenne a jövőben intenzívebben jelölni helyi szinten is a fajt, ám ezt valószínűleg csak hívóhang használatával lehetne kivitelezni, ami pedig befolyásolná az eddigi standard mintavételezést. A terepi adatgyűjtés mindazonáltal a továbbiakban is folytatódni fog és a jövőben talán sikerülhet további bizonyítékokat találni a Délkelet-Magyarország és az Erdélyi-szigethegység közötti kapcsolatra, amit például az uráli bagoly (*Strix uralensis*) (BOZÓ subm.) és a hegyi fakusz (*Certhia familiaris*) (BOZÓ 2017) esetében is feltételezek.

## Irodalomjegyzék

- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2019): Species factsheet: *Spinus spinus*. <http://www.birdlife.org> (megtekintés 2019.04.24.)
- BOZÓ, L. (2016): A madárgyűrűzés eredményei a kevermesi sóderbánya területén 2012–2016 között. *A Száraz-ér társaság kutatásai 2011–2015 között*, pp. 35–38.
- BOZÓ, L. (2017): *Kevermes madárvilága*. Dél-békési Természetvédelmi és Madártani Egyesület, Kevermes, 121 p.
- BOZÓ, L., BOZÓNÉ BORBÁTH, E. & TAR, L. (2017): Énekesmadarak őszi vonulása csatornaparti fasoron. *Természetvédelmi Közlemények* 23: 1–13.
- BOZÓ, L. & BOZÓNÉ BORBÁTH, E. (2018): A csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*), a fitiszfüzike (*Ph. trochilus*) és a sisegő füzike (*Ph. sibilatrix*) vonulása a Dél-Tiszántúlon. *Allattani Közlemények* 103(1–2): 47–72. <https://doi.org/10.20331/AllKoz.2018.103.1-2.47>
- CERNEL, I. (1907): Adatok Magyarország madárfaunájához. *Aquila* 4(1–4): 179–187.
- CLEMENT, P. (2019): Eurasian Siskin (*Spinus spinus*). In: DEL HOYO, J., ELLIOTT, A., SARGATAL, J., CHRISTIE, D. A. & DE JUANA, E. (eds.): *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona. <https://www.hbw.com/node/61340> (megtekintés 2019.03.31.)
- FENYŐSI, L. (1994): Adatok a csíz (*Carduelis spinus*) nyári előfordulásaihoz. *Madártani Tájékoztató* 18(2): 24.
- GYÖRY, J. (1957): Süvöltők és csízek tavaszi előfordulása. *Aquila* 63–64: 310.
- HALMOS, G. & CSÖRGŐ, T. (1999): Migration and wintering of Finches (Fringillidae) in the Carpathian Basin based on ringing recoveries. *Ornis Hungarica* 8(9): 1–12.
- HALMOS, G. (2009): Csíz. In: CSÖRGŐ, T., KARCZA, ZS., HALMOS, G., MAGYAR, G., GYURÁ CZ, J., SZÉP, T., BANKOVICS, A., SCHMIDT, A. & SCHMIDT, E. (eds): *Magyar madárvonulási atlasz*. Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 612–615.
- HARASZTHY, L. (2019): *Magyarország fészkelő madarainak költésbiológiája. 2. kötet Sárgarigóféléktől a sármányfélékig*. Pro Vértes Nonprofit Kft., Csákvár, pp. 703–705.
- HARKA, Á. (2010): Átnyaraló csíz (*Carduelis spinus*) az Alföld közepén. *Calandrella* 13: 223.
- KÁRPÁTI, L. (1998): Csíz. In: HARASZTHY, L. (ed.): *Magyarország madarai*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 369.
- LENNER, J. (1982): Csíz (*Carduelis spinus*) adatok Sárisáp-Annayölgy környékéről. *Madártani Tájékoztató* 6(1): 34.
- MAGYAR MADÁRTANI ÉS TERMÉSZETVÉDELMI EGYESÜLET (2019): Magyarország madarai: Csíz. <http://www.mme.hu/magyarorszagmadarai/madaradatbazis-carspi> (megtekintés 2019.04.24.)
- MAUKS, K. (1924): A Bükk-fennsíkon 1923. aug. 8-18 között megfigyelt madárfajok. *Aquila* 30–31: 298.
- MME NOMENCLATOR BIZOTTSÁG (2008): *Magyarország madarainak névjegyzéke. Nomenclator avium Hungariae*. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest, 278 p.
- MOLNÁR, I. (1995): Csíz (*Carduelis spinus*) előfordulási adatok költési időből. *Madártani Tájékoztató* 19(2): 32–33.
- NAGY, J. (1934): Az első csíz fészkelő Magyarországról. *Aquila* 38–41: 348–349.

- PAYEVSKY, V. A. (1994): Age and sex structure, mortality and spatial winter distribution of Siskins (*Carduelis spinus*) migrating through eastern Baltic area. *Vogelwarte* 37: 190–198.
- PAYEVSKY, V. A. (2012): Speed of autumn migration of the Siskin *Carduelis spinus* moving across Europe as shown by ringing results in Eastern Baltic. *Avian Ecology and Behaviour* 21: 13–25.
- PÁTKAI, I. (1934): Csízek a Hanyáságban. *Aquila* 38–41: 350.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- SEAR, J. C., LEONART, J. & METCALFE, N. B. (1990): Dominance relationships between resident and transient wintering Siskin. *Ornis Scandinavica* 21: 129–132. <https://doi.org/10.2307/3676808>
- SEAR, J. C., BURTON, P. J. K. & METCALFE, N. B. (1992). Variation in the nomadic tendency of a wintering finch *Carduelis spinus* and its relationship with body condition. *Ornis Scandinavica* 23(1): 63–72. <https://doi.org/10.2307/3676428>
- SZABÓ, L. V. & GYÖRY, J. (1962): Csíz fészkelése a Bükkhegységben. *Aquila* 67–68: 141–149. <https://doi.org/10.1001/archopht.1962.00960030153028>
- SZIJ, L. (1955): Adatok a Sátorhegység madárvilágához. *Aquila* 59–62: 417–418.

## The occurrence of Eurasian Siskin (*Spinus spinus*) in Southeast Hungary

LÁSZLÓ BOZÓ

Department of Systematic Zoology and Ecology, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter sétány 1/C,  
H-1117 Budapest, Hungary E-mail: [bozolaszlo91@gmail.com](mailto:bozolaszlo91@gmail.com)

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) 105(1–2): 59–69.

**Abstract.** The Eurasian Siskin (*Spinus spinus* (LINNAEUS, 1758)) breeds in coniferous and mixed forests of the Northern Hemisphere. Most of its populations can be considered migratory and it is a typical invasive bird species. It breeds in small number in Hungary, but in most parts of the country can only be found from autumn to spring. The migration of birds passing through Hungary is relatively well known, but these studies are based mainly on the results of ringing activities in the middle of the country. In this study I analyzed the data of Eurasian Siskin in Southeast Hungary, with special regard to their migration, winter and summer occurrences. During my work I mainly used field observation data, during which I observed Siskins on 300 different days out of the 1811 days spent in the area between 2004 and 2019. The spring migration of birds occurred between early March and the end of April, with a peak in early April, which is later than the average migration timing of birds migrating in other parts of Hungary. The timing of the fall migration (end of September – end of November) is about 10 days later than the national average. It is quite rare in winter, while it has also been found in summer. Based on the results these birds are most likely originated from the Apuseni Mountains and not from outside the Carpathian Basin.

**Key words:** passerine migration, Finches, invasion, Southeast Hungary.

**Accepted:** 02.11.2019

**Published online:** 10.12.2019



## Viselkedési és fiziológiai változók kapcsolata egy vadon élő énekesmadárfajnál\*

SZABÓ GYULA<sup>1\*</sup>, BOROSS NÓRA<sup>1,2</sup>, GARAMSZEGI LÁSZLÓ ZSOLT<sup>1,3,4,5</sup>,  
JABLONSKY MÓNIKA<sup>1</sup>, KRENHARDT KATALIN<sup>1</sup>, LACZI MIKLÓS<sup>1,6</sup>, MARKÓ  
GÁBOR<sup>1,7</sup>, SZÁSZ ESZTER<sup>1</sup> és TÖRÖK JÁNOS<sup>1,8</sup>

<sup>1</sup>Viselkedésökológiai Csoport, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

<sup>2</sup>Balatoni Limnológiai Intézet, Ökológiai Kutatóközpont, Magyar Tudományos Akadémia, 8237 Tihany, Klebersberg Kuno utca 3.

<sup>3</sup>Ökológiai és Botanikai Intézet, Ökológiai Kutatóközpont, Magyar Tudományos Akadémia, 2163 Vácrátót, Alkotmány utca 2-4.

<sup>4</sup>Departamento de Ecología Evolutiva, Estación Biológica de Doñana-CSIC, C/Americo Vespucio, 26, Seville 41092, Spanyolország

<sup>5</sup>MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Evolúciós Ökológiai Kutatócsoport, Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

<sup>6</sup>Gyöngybagolyvédelmi Alapítvány, 8744 Orosztony, Temesvári út 8.

<sup>7</sup>Növénykórtani Tanszék, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

<sup>8</sup>MTA-ELTE-MTM Ökológiai Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

\*E-mail: [szabogyula11@caesar.elte.hu](mailto:szabogyula11@caesar.elte.hu)

**Összefoglalás.** A viselkedésökológiai vizsgálatok egyik kiemelt területe az állatok viselkedésének kutatása természetes populációkban. A viselkedési mintázatok leírása mellett egyre több vizsgálat foglalkozik a viselkedések fiziológiai hátterével. Tanulmányunkban az örvös légykapó (*Ficedula albicollis*) egy vadon élő populációjában vizsgáltuk az oxidatív károsodás mértéke és az egészségi állapot, valamint három viselkedési (idegen tárgy elkerülése, agresszió, kockázatvállalás) változó egymás közötti kapcsolatait. Az oxidatív károsodást a vérplazmában lévő reaktív oxigén metabolitok mennyiségével, az egészségi állapotot a heterofil granulociták és limfociták (H/L) arányával jellemeztük. A hímektől az udvarlaskor és az utódgondozáskor, a tojóktól csak az utódgondozás során vettünk vérmintát. A hímek viselkedését udvarlaskor mértük. Eredményeink szerint nem volt különbség az ivarok fiziológiai állapota között. Az oxidatív károsodás mértéke fiatal hímeknél nagyobb volt az utódgondozási időszakban, mint az udvarlaskor, míg az idősebb egyedeknél ilyen különbség nem volt kimutatható. A tojók esetében a rosszabb egészségi állapotban lévőket magasabb fokú oxidatív károsodás jellemezte, míg a hímeknél nem volt összefüggés. Az agresszió és a kockázatvállalás mértéke nem mutatott szignifikáns kapcsolatot egyik fiziológiai változóval sem, ugyanakkor az idegen tárgyat kevésbé elkerülő hímek oxidatív stressz szintje magasabb volt, mint az idegen tárgyat jobban elkerülő társaiké. Az oxidatív károsodás növekedését az egyéves egyedeknél a fiókaneveléssel járó terhelés okozhatta, míg az idősebb egyedeknek ebben már volt tapasztalata. Tojóknál nagyobb H/L arány társult a magasabb oxidatív károsodással, a heterofil granulociták pedig szabadgyököket bocsátanak ki, így nagy számuk nagyobb oxidatív károsodáshoz vezethet.

\* Elhangzott az Állattani Szakosztály 1040. előadóján, 2017. május 03-án.



**Kulcsszavak:** oxidatív stressz, fehérvérsejt arány, agresszió, kockázatvállalás, idegen tárgy elkerülése.

**Elfogadva:** 2019.11.04.

**Elektronikusan megjelent:** 2019.12.11.

## Bevezetés

Viselkedésökológiai vizsgálatokban már sokat foglalkoztak az egészségi állapot és az oxidatív stressz rátermettség hatásával. Általában a jobb egészségi állapotban lévő egyedeknek nagyobb a túlélési (LOBATO et al. 2005; KILGAS et al. 2006; KRAMS et al. 2011) és a szaporodási sikere is (HÖRAK et al. 1998, MAZEROLLE & HOBSON 2002, ILMONEN et al. 2003, OCHS & DAWSON 2008). Az oxidatív stressz és a rátermettség kapcsolatáról is sok az ismeret, azonban nem lehet általános következtetést levonni a köztük lévő kapcsolatról, mert például a környezetnek is nagy hatása van az egyedek oxidatív egyensúlyára (például SPEAKMAN et al. 2015). Mind az egészségi állapotnak, mind az oxidatív stressznek a rátermettséggel való összefüggéséről feltártak már mintázatokat énekesmadaraknál, a fentiekkel ellentétben azonban összességében még továbbra is bizonytalanok az ismereteink a pillanatnyi viselkedés és a hosszabb távon értelmezhető rátermettség közti kapcsolatra vonatkozóan. Örvös légykapónál (*Ficedula albicollis* TEMMINCK, 1805) kimutatták, hogy a kockázatvállalóbb egyedek adott évi szaporodási sikere nagyobb, túlélési esélye pedig kisebb, mint a kockázatot kerülőké (JABLONSKY et al. 2018). Ugyanennél a fajnál az agresszió és a rátermettség között van összefüggés: az egyéves egyedek közül az agresszívebbek, míg az idősebbek közül a kevésbé agresszívek tértek vissza nagyobb eséllyel a következő évben költeni (SZÁSZ et al. 2019). A viselkedések háttérében álló fiziológiai folyamatok feltárása segíthet a rátermettség és a viselkedés közti kapcsolat megértésében.

A különböző viselkedésökológiai vizsgálatokban több módszert is javasolnak az egészségi állapot becslésére. Madaraknál a leggyakrabban az immunválasz mértékét (SILD et al. 2011), a parazitáltságot (SZÖLLŐSI et al. 2016), az általános stressz-szintet (GROSS & SIEGEL 1983), a heterofil granulociták és limfociták (H/L) arányát (GROSS & SIEGEL 1983, KRAMS et al. 2012) és a hematokritszintet (BOROSS et al. 2012) használják e célból, a vizsgálat kérdésétől függően.

Az egészségi állapotot mutató, általunk vizsgált változó a szakirodalomban is gyakran tanulmányozott H/L arány. A limfociták a specifikus immunválaszban vesznek részt, és az alacsony számuk immunszuppresszióra utal (COSTANTINI & DELL'OMO 2006). A heterofil granulociták oxidatív anyagok kibocsátása útján aspecifikusan, a patogén és a szervezet saját sejtjeinek együttes oxidatív károsodásával hatnak (pl. DAVIS et al. 2008). Több faj esetében is az egészségi állapot gyengülésével a H/L arány megnőtt. A H/L arány pozitív kapcsolatban volt hőstresszel és éhezéssel (MORENO et al. 2002), sugárzás mennyiségével (CAMPLANI et al. 1999), baktériumfertőzéssel (DAVIS et al. 2004), atkaparazitáltsággal (LOBATO et al. 2005) energetikai stresszel (OWEN & MOORE 2006), valamint a stresszhormon (kortikoszteron) koncentrációjával (GROSS & SIEGEL 1983). Mindezek alapján, és a módszertani egyszerűségből eredően a H/L arány mérése az egyik legalkalmasabb

módszer az egészségi állapot becslésére (KRAMS et al. 2012, OTS et al. 1998, NADOLSKI et al. 2006).

Az oxidatív stressz az élőlények egy komplex biokémiai állapota, ami akkor lép fel, amikor az egyedben a reaktív oxigén származékok (elsősorban a mitokondriális elektrontranszportláncban felszabaduló szabadgyökök) mennyiségét a szervezet nem tudja kompenzálni kellő mennyiségű antioxidánsal (COSTANTINI 2008). Az oxidatív stresszt az oxidatív károsodási folyamatok peroxidációs közttermékeivel, a reaktív oxigén metabolitok (ROM) mennyiségével is szokták jellemezni (COSTANTINI 2008). Jellemző például, hogy a hosszú távú repülés aktív izommunkája jelentős mennyiségű szabadgyök felszabadulásával jár (COSTANTINI et al. 2008b)

Az oxidatív stressz és a viselkedés összefüggéseit először HEREBORN et al. (2011) írták le fogságban nevelt populációból származó zöldikéken (*Carduelis chloris* LINNAEUS, 1758). Az idegen tárgyat kerülő viselkedés nem függött össze a ROM mennyiségével (HERBORN et al. 2011). Egy vad kék cinege (*Cyanistes caeruleus* LINNAEUS, 1758) populációban sem függött össze a ROM és az idegen tárgyat kerülő viselkedés (ARNOLD et al. 2015). Az általunk vizsgált populációban már történt néhány vizsgálat a viselkedés és a fiziológiai állapot kapcsolatának felderítésére. E vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy az immunrendszer aktivitása nem áll kapcsolatban az egyedek kockázatvállalásával (GARAMSZEGI et al. 2015), ahogy az ürülékben mérhető kortikoszteron koncentrációjával sem (GARAMSZEGI et al. 2012).

A ROM és a H/L arány kapcsolatát az agresszióval valamint a kockázatvállalással eddig természetes madárpopulációban ismereteink szerint még nem vizsgálták, valamint a H/L arány és az idegen tárgyat kerülő viselkedés kapcsolatát sem.

Az örvös légykapó egy odúköltő, hosszú távú vonuló énekesmadárfaj, melynek egy természetes populációjában vizsgáltuk a vonulással járó fokozott fizikai megterhelés egészségi állapotra és oxidatív károsodásra gyakorolt hatását. Ezen kívül a fiziológiai változók egymás közötti kapcsolatát, valamint a fiziológia és a viselkedés változók közötti kapcsolatot is elemeztük. Az alábbi fő kérdéseinkre kerestük a választ:

1) Függ-e a H/L arány és a ROM az egyedek ivarától? Azt vártuk, hogy az ivartól nem függ az egyedek fiziológiai állapota. Mindkét ivar neveli a fiókákat, így hasonló megpróbáltatásokkal kell megküzdeniük.

2) Eltér-e a hímek esetében a szaporodási szezon két időszaka (udvarlás, fiókanevelés) között a H/L arány, illetve a ROM szintje? Várhatóan az egyedek fiziológiai állapota romlik a fiókanevelés okozta megterhelés hatására. A fiókák etetésébe fektetik az energiát, nem pedig saját fiziológiai állapotuk fenntartására.

3) Milyen kapcsolatban van a vadon élő örvös légykapók H/L aránya és ROM értéke egymással? Azt vártuk, hogy a jobb egészségi állapotban lévő egyedeknek kisebb az oxidatív károsodása. Az egyedek fiziológiai állapotát a két változó hasonlóan tükrözi.

4) Összefüggnek-e egymással a viselkedési változók (idegen tárgy elkerülése, agresszió, kockázatvállalás) és a H/L arány, illetve a ROM szint? A viselkedési változók és a H/L arány, valamint a ROM szintje között nem vártunk kapcsolatot.

## Anyag és módszer

Az adat- és mintagyűjtés a Pilis-Visegrádi-hegységben (47°43'É, 19°01'K), 2014–2015-ben történt, gyertyános-tölgyes erdőkből kialakított mesterséges odútelepeken. A szaporodási időszakban odúcsapdával fogtuk meg az egyedeket a mintavételhez. A mintavételezés a szaporodási időszak két szakaszában történt: az udvarlási időszakban (április közepétől május elejéig) és a fiókanevelési időszakban (május utolsó harmadától nyár közepéig). Az udvarlási időszakban a hímek odút foglalnak, ekkor a tojókat még nem lehet megfogni, így ebben az időszakban csak a hímeket vizsgáltuk. Fiókanevelés alatt mindkét ivartól vettünk mintát. A hímek korát (egyéves vagy idősebb) a tollazatuk alapján határoztuk meg (DEMONGIN 2016). Tojók esetében csak a rekrutáknál, (melyek fiókakorban meg lettek gyűrűzve) határozható meg a pontos kor, azonban a legtöbb egyed nem rekruta, ezáltal az elemzéseinkbe nem tudtuk bevinni ezt a változót.

### *Fiziológiai változók*

Az udvarlási időszakban 2014-ben 8, 2015-ben 10 hímről vettünk vérmintát, a viselkedésük megfigyelését követően (lásd alább). A fiókanevelési időszakban 2014-ben 24 hímről és 28 tojóról, 2015-ben 44 hímről és 59 tojóról vettünk vérmintát. Vérvételkor a brachiális vénán injekciós tűvel sebet ejtettünk, és a kis mennyiségű vért (kb. 40 µl, 1 csepp) heparinizált kapillárisokba gyűjtöttük, aminek egyik részéből vérkenetet készítettünk a H/L arány meghatározáshoz, egy másik részét pedig a ROM mérésére használtuk. A kapillárisokban lévő vérmintákat a mintavételtől számított 5 órán belül centrifugáltuk 10 percig, 10 000 rpm-en a plazma és a sejtes rész elválasztásához. A plazmát –20 °C-on tároltuk a ROM meghatározásáig. Az egészségi állapot becslésére a H/L arányt használtuk. A keneteket 10%-os Giemsa-festékkel (G4507; Sigma-Aldrich, Budapest, Magyarország) festettük 50 percig, majd desztillált vízzel kimostuk a maradék festéket a mintából. A keneteken lévő heterofil granulocitákat és limfocitákat, Zeiss Axioskop 2 fénymikroszkópban (Carl Zeiss Inc., Oberkochen, Germany), immerziós olajjal 1000-szeres nagyítás mellett számoltuk. A látómező közepét egy ColorView II kamera által számítógépen jelenítettük meg az Olympus Soft Imaging analySIS work 5.0 program (Soft Imaging, Munster, Germany) segítségével. 100 látómezőt vizsgáltunk meg. Ezeket legalább az egyik sejttypusból minimum 10 db-nak kellett előkerülnie. Amennyiben ez nem teljesült, akkor további 50 látómezőt néztünk meg, ekkor elég volt, ha legalább az egyik sejttypusból 8 db előkerült. Ha ez a kritérium sem teljesült, akkor összesen 200 látómezőt vizsgáltunk meg. Két esetben előfordult, hogy az egyik sejttypusból nem találtunk egy darabot sem, akkor ennek értékét 0,1-nek vettük, hogy lehessen arányt számolni. Nem voltak ezeknél szélsőségesebb arányok azon minták között, ahol mindkét sejttypus előfordult. Kenetenként átlagosan 12,26 db fehérvérsejt került elő (minimum 3 db és maximum 45 darab). Hogy a módszer megbízhatóságát ellenőrizzük, véletlenszerűen kiválasztott keneteken megismételtük a számolást. Pearson-korrelációval vizsgáltuk a H/L arány repetabilitását, amely szignifikánsnak bizonyult ( $r = 0,861$ ;  $p = 0,001$ ;  $n = 11$ ). Ismételt mérések esetén a H/L arányok átlagát használtuk az elemzésben. Az oxidatív károsodás mértékének meghatározására a ROM vérplazmában mért értékét használtuk, a mérést a d-ROM (Diacron International, Grosseto, Olaszország) teszttel végeztük (részletesen lásd: MARKÓ et al. 2011). A ROM a szabadgyökök által per-

oxidált makromolekulák (lipidek, fehérjék, nukleinsavak) mennyiségét mutatja ( $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  ekvivalensben).

### *Viselkedési változók*

A tavaszi vonulásból a hímek korábban érkeznek meg. Ekkor minden nap ellenőriztük, hogy érkezett-e olyan új hím a területre, amely egy odú mellett az udvarlási viselkedést mutatta (például éneklés, odú bemutatása), és feltételeztük, hogy ez az odú az egyed kiválasztott fészkelőhelye. Amikor észleltünk ilyen hímet, a párba állás előtt három viselkedési változót mértünk: az idegen tárgy elkerülését, az agresszivitást és a kockázatvállalást. A méréseket egymás után, a fentebbi sorrendben, néhány perc különbséggel végeztük. Mivel a tojók ekkor még sok esetben nem választottak párt, a viselkedési változókat nem mértük. A viselkedési változók mérései során GARAMSZEGI et al. (2006, 2009) módszereit követtük.

Az idegen tárgyat elkerülő viselkedés (felfedezési készség) mérése során először kontrollként egy a vizsgálat helyszínétől távolabb fogott – így a fokális egyedek számára ismeretlen – csali tojót raktunk az odú tetejére egy kalitkában ( $15 \times 20 \times 15$  cm). Ebben a tesztben azt mértük, hogy mennyi idő telik el a hím érkezése és az odút bemutató viselkedésének kezdete között (azaz addig a pillanatig, amíg a hím először az odú nyílására száll). Ezután a tesztet úgy egészítettük ki, hogy egy A/6-os méretű, színes, absztrakt formájú ábrát megjelenítő lapot rögzítettünk az odú bejárata alá, és mértük az odú mutatásáig eltelt időt (latenciát). Amennyiben 300 másodpercen belül nem szállt le a hím, 301 másodpercnek vettük az értéket. A teszt befejeztével a csali tojót levettük az odúról. A lapos teszt latencia értékéből kivontuk a lap nélküli, kontrollként mutatott latencia értékét, így minél nagyobb a különbség értéke, annál jobban kerüli el az idegen tárgyat a hím. (GARAMSZEGI et al. 2009).

Ezután a madarak agresszivitását mértük. A hímeket egy szimulált territoriális támadásnak tettük ki. Ketreceben ( $15 \times 20 \times 15$  cm) egy élő, a vizsgálat helyszínétől távolabb fogott csali hímet helyeztünk el az odú 1-2 méteres körzetében. Miután felfedtük a ketrecet, 30 méterre eltávolodtunk az odútól, és mértük, hogy mennyi idő után támadja meg a fokális hím a csalit. Az idő mérését akkor kezdtük, amikor a hím megjelent a területen, és észrevette a betolakodót, valamint akkor fejeztük be, amikor a hím először hozzáért a ketrechez legalább 1 másodpercig, és közben harci szándékát mutatta (tollborzolás, csipkedés). Amennyiben a hím nem támadott 300 másodpercen belül, a mért időt 301 másodpercnek vettük (SZÁSZ et al. 2019). Ez az időtartam fordítottan arányos a madár agresszivitásával.

A harmadik viselkedési változó a menekülést kiváltó távolság volt, amely az a minimális távolság, amennyire a madár közel engedi magához a ragadozót, mielőtt elmenekülne. Ezzel az egyedi kockázatvállalást jellemeztük. A mérés során a ragadozót maga a mérést végző személy képviselte. Az agresszió mérése során akkor, amikor a hím elkezdte támadását, egy standardizált háttéraktivitást (agresszív területvédő viselkedést) értünk el a madárnál. Ekkor a tesztelést végző személy elkezdett közelíteni a madár felé kb. 25–30 méter távolságból. Amikor elrepült a hím, mindig megállt a tesztelő, és megvárta a hím visszatérését a kalitkához, majd folytatta a megközelítést, ha a hím egy percen belül visszatért. Ha egy percen belül nem tért vissza a hím, lemértük a csali és a tesztelő közti távolságot. Minél kisebb ez a távolság, annál kockázatvállalóbb az egyed. Ismétlés esetén a mért értékeket átlagoltuk. Ismételt mérés 11 esetben történt, a mérések repetábilisak voltak. A méréseket

több személy is végezte, azonban az általunk mért viselkedési változók repetabilitását nem befolyásolja a mérést végző személye (GARAMSZEGI et al. 2009; MARKÓ et al. 2016).

A terepi körülmények között számos zavaró tényező (látótávon kívülre repül a madár, megzavarja egy másik faj egyede a mérést, stb.) miatt előfordult, hogy nem tudtuk minden madár összes viselkedési változóját mérni.

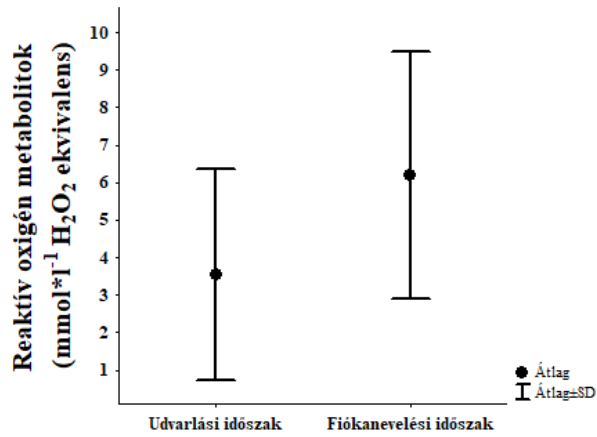
### **Statisztikai elemzések**

QQ plottal, illetve Kolmogorov–Smirnov-tesztel ellenőriztük a változók eloszlását, melyek a H/L kivételével nem tértek el a normális eloszlástól. A H/L arányt  $-\frac{1}{\sqrt{x+0,5}}$  transzformációval tettük normális eloszlásúvá. Kétmintás, független Student-féle t-próbával vizsgáltuk a fiókaneveléskor mért ROM és H/L ivarok közötti eltérését, valamint a hímeknél az udvarlási és a fiókanevelési szakasz közötti eltérését. A ROM összehasonlítását a két időszak között külön az egyéves (udvarláskor:  $n = 7$ , fiókaneveléskor:  $n = 11$ ) és külön az idősebb hímeknél (udvarláskor  $n = 8$ , fiókaneveléskor  $n = 22$ ) is el tudtuk végezni, míg a H/L arány esetében a két korcsoport mintaelemszáma jelentősen eltért (egyéves:  $n = 5$ ; idősebb:  $n = 40$ ), így együtt vizsgáltuk őket. Általános lineáris modellekkel vizsgáltuk a ROM és a H/L arány összefüggését a fiókanevelési időszakban: a függő változó volt a ROM, az ivar a magyarázó kategóriaváltozó, a H/L pedig a magyarázó folytonos változó. Vizsgáltuk a magyarázó változók interakcióját is. A modelleknél a lépésenként visszafelé irányuló modell-egyszerűsítés módszerét alkalmaztuk. A viselkedési és a fiziológiai változók kapcsolatát csak hímek esetében, az udvarlási időszakban vizsgáltuk, Pearson-korrelációkkal. A statisztikai vizsgálatokat a Statistica v8.0 programmal végeztük.

### **Eredmények**

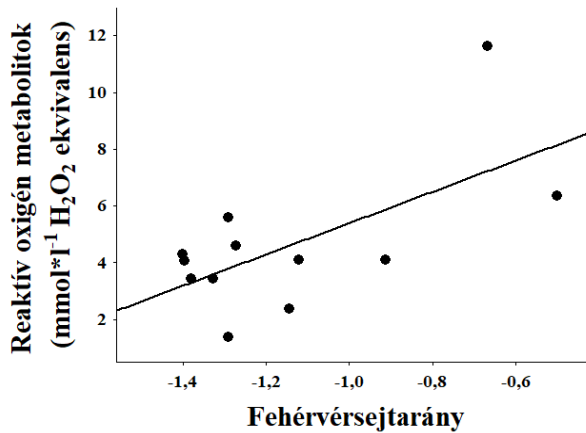
A tojók és a hímek fiókanevelési időszakban mért fiziológiai változói között nem volt különbség (H/L:  $t = 0,02$ ,  $p = 0,98$ ,  $n = 94$ ; ROM:  $t = 0,68$ ,  $p = 0,50$ ,  $n = 73$ ). A hímek H/L arányának vizsgálatakor az udvarlási és a fiókanevelési időszak között sem volt szignifikáns különbség ( $t = 1,16$ ,  $p = 0,25$ ,  $n = 43$ ). A ROM-szint az idősebb hímeknél nem különbözött az udvarlási és a fiókanevelési időszak között ( $t = -0,24$ ;  $p = 0,81$ ;  $n = 30$ ), az egyéveseknél az udvarlási időszakban mért ROM-szint tendenciózusan alacsonyabb volt ( $t = -1,76$ ;  $p = 0,097$ ;  $n = 18$ ; 1. ábra). A hímeknél a H/L arány és a ROM-szint nem függött össze ( $F = 0,34$ ;  $df = 1,12$ ;  $p = 0,57$ ), ellenben a tojókkal, ahol a rosszabb egészségű egyed magasabb ROM-szinttel rendelkezett ( $F = 5,95$ ;  $df = 1,9$ ;  $p = 0,037$ ; 2. ábra).

Az udvarlási időszakban a ROM-szint negatívan függött össze hímek esetében az idegen tárgyat elkerülő viselkedéssel ( $r = -0,94$ ;  $p = 0,027$ ;  $n = 7$ ; 3. ábra), azaz az idegen tárgyat jobban elkerülő hímeknek alacsonyabb a ROM-szintje. A többi viselkedési változó a hímeknél nem függött össze a két fiziológiai változóval (összes  $p > 0,2$ ).



1. ábra. Az egy éves örvös légykapó hímek reaktív oxigén metabolit (ROM) szintje (n = 18).

Figure 1. ROM levels of one year old male collared flycatchers during the courtship and chick-rearing period. The dots show the mean values, the whiskers show the standard deviation (n = 18).

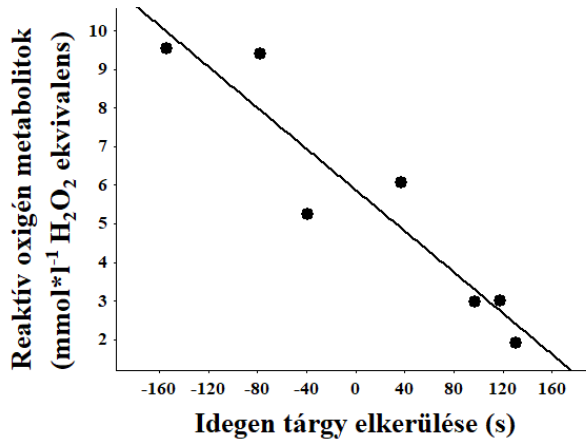


2. ábra. Transzformált fehérvérsejtarány (heterofil granulocita/limfocita) és a ROM-szint (oxidatív károsodás) összefüggése örvös légykapó tojóknál a fiókanvelési időszakban.

A transzformáció a  $-1/\sqrt{x+0,5}$  képlet alapján történt.

Figure 2. Relationship between transformed leukocyte ratio (heterophil granulocyte/limphocyte) and ROM levels in female flycatchers during the brood-rearing period.

Leukocyte ratio is transformed by  $-1/\sqrt{x+0.5}$ .



3. ábra. Örvös légykapó hímek explorációja a ROM-szint (oxidatív károsodás) függvényében.

Figure 3. Relationship between exploration and oxidative damage (ROM level) of male collared flycatchers during the courtship period.

## Értékelés

Az egyedek fiziológiai állapota nem függött az ivartól, ami egyezik a predikciónkkal. Az udvarlási és a fiókanevelési időszak között csak az egyéves hímek esetében romlott az egyedek fiziológiai állapota: a ROM mennyisége megnőtt, ami részben alátámasztja a predikciónkat. A jobb egészségi állapotban lévő tojókban alacsonyabb volt az oxidatív károsodás mértéke. Ezzel szemben a hímeknél nem tapasztaltunk összefüggést, így ezt a predikciónkat is csak részben támasztották alá az eredmények. A H/L arány nem volt összefüggésben egyik viselkedési változóval sem, amit vártunk is, azonban a ROM a kockázatvállalással összefüggésben volt, ami ellent mond predikciónknak.

Ivarok közti különbséget kimutattak egy másik, szintén odúlakó énekesmadárfajnál, a széncinegénél (*Parus major* LINNAEUS, 1758). A tojók H/L szintje magasabbnak bizonyult a hímekénél, melyet az okozott, hogy több heterofil granulocitájuk volt, ugyanakkor a limfociták száma nem tért el a hímekétől (OTS et al. 1998). Ennek hátterében az ivarok egészségi állapota közötti különbség is állhat, azonban az sem kizárható, hogy csak a két ivar hormonrendszere közti különbség okozza az eltérést (OTS et al. 1998). Azonban, hasonlóan egy házi pírón (*Haemorrhous mexicanus* PALLAS, 1770) végzett vizsgálat eredményeihez (DAVIS et al. 2004), mi sem találtunk különbséget a két ivar H/L aránya között.

A H/L arány és a ROM szezonon belüli variabilitásának vizsgálatával kimutattuk, hogy az egyéves hímek H/L aránya nem, de a ROM-szintje nagyobb volt a fiókaneveléskor mintázott egyedekben, mint az udvarláskor mintázottakban. Ez a különbség csak marginálisan volt szignifikáns. Az egészségi állapotra utaló egy másik vérparaméter, a hematokrit szintje ugyanakkor fordított mintázatot mutatott (BOROSS et al. 2012). Feltételezésünk szerint az egyéves hímekben az indokolhatja a ROM-szint eltérését a két időszak között, hogy először

nevelnek utódot, és még nincs tapasztalatuk az utódgondozásban. Ezért a fiókanevelés nagyobb megterhelést jelent számukra, mint a tapasztaltabb, idősebb hímeknek. Hasonló korcsoportbeli mintázatot találtak vörösbegyek (*Erithacus rubecula* LINNAEUS, 1758) őszi vándorlása során. Az egy évnél idősebb egyedek pihenés alatti táplálkozással antioxidánsokban gazdagabb táplálékot fogyasztottak, valamint magasabb volt az enzimátikus antioxidánsok mennyisége a vérükben, mint az először vonulóknak. Így a tapasztaltabb egyedek megnövelhették a vérplazma gyökfogó képességüket, így tapasztalatuk segítségével lecsökkenthették a szabadgyökök mennyiségét, ami a hosszú távú repüléssel járó izommunkából ered (JENNI-EIERMANN et al. 2014). A ROM növekedéséhez az is hozzájárulhat még, hogy mind a specifikus, mind az aspecifikus immunválasz során szabadgyökök szabadulnak fel nagy mennyiségben (MAXWELL & ROBERTSON 1998, COSTANTINI & DELL'OMO 2006). Ezzel összhangban, SZÖLLŐSI et al. (2016) azt tapasztalták, hogy a parazitátság prevalenciája lecsökken a fiókanevelés idejére.

A fiziológiai változók kapcsolatának vizsgálatakor a H/L arány és a ROM csak a tojókban függött össze egymással, aminek hátterében az is állhat, hogy a H/L arány kialakításának hátterében különböző korlátozó tényezők lehetnek a két ivarnál (OTS et al. 1998). Minél rosszabb volt az egyedek egészségi állapota, annál magasabb volt az oxidatív károsodás szintje a vérplazmában. A heterofil granulociták olyan módon is részt vesznek az immunválaszban, hogy erősen oxidatív anyagokat bocsátanak ki a kórokozókra (MAXWELL & ROBERTSON 1998). Ez a védekezés a saját szöveteket is károsíthatja, így ennek hatására növekedhetett meg az egyed ROM-szintje.

A légykapók kockázatvállalása és agresszív viselkedése nem függött össze sem a H/L aránnyal, sem pedig az oxidatív károsodással. A H/L arány nem függött össze az idegen tárgyakat kerülő viselkedéssel sem. Az általunk vizsgált populációban korábbi vizsgálatokban ugyanezek a viselkedési változók nem függték össze az egészségi állapotot jellemző két másik tényezővel, a kortikoszteronszinttel és az immunrendszer aktiválásával sem (GARAMSZEGI et al. 2012, GARAMSZEGI et al. 2015). A H/L arány tükrözi az egyed stressz-szintjét, így eredményünk összhangban van azzal, hogy a kortikoszteronnal sem állt a kapcsolatban az egyedek viselkedése.

Az aktív izommunka rövid távon gyorsan megnöveli az oxidatív károsodás mértékét (COSTANTINI et al. 2008b), aminek hatása a ROM-szintben már néhány óra alatt megjelenik. Az idegen tárgyakat kevésbé elkerülő hímek az odút közelítő idegen ingereket több esetben, távolabbról odarepülve vizsgálhatják meg, így többet repülhetnek, ezáltal magasabb lehet az anyagcsereszintjük. Az alpanyagcsere és az explorációs viselkedés negatív kapcsolatban áll szécinege tojóknál: a nagyobb felfedezési készséggel rendelkező egyedeknek alacsonyabb az alpanyagcsere-szintjük. Hímeknél ez az összefüggés enyhén pozitív, azonban nem szignifikáns (BOUWHUIS et al. 2014). A magasabb alpanyagcsere-szinttel magasabb ROM-szint társul (COSTANTINI 2008), így elképzelhető, hogy az örvös légykapónál az idegen tárgyat kerülő viselkedés és a ROM közti összefüggés hátterében az alpanyagcsere-szintek közötti különbség áll. Eredményünk szerint az idegen tárgyakat kevésbé elkerülő légykapók ROM-szintje is magasabb, azonban ez az összefüggés fogságban tartott zöldikéknél (HERBORN et al. 2011) és vadon élő kék cinegékénél (ARNOLD et al. 2015) sem volt kimutatható. A mi vizsgálatunk egy természetes populációban történt, a mérések a madarak természetes környezetében zajlottak, míg ARNOLD et al. (2015) néhány napon kereszttől fogságban tartott egyedeket vizsgált, HERBORN et al. (2011) pedig egy fogságban élő



populációt vizsgált. Fajon belül is lehet különbség vad, illetve fogságban tartott populációk oxidatív állapotában: vad zöldikék oxidatív károsodása körülbelül a kétszerese volt a fogságban felneveltekének (HÖRAK et al. 2006, HERBORN et al. 2011). Ezáltal jelentős különbség lehet a ROM és a többi változó kapcsolatában populációk között is, hiszen a laboratóriumban rendelkezésre álló korlátlan mennyiségű táplálék segítheti a hatékonyabb antioxidáns rendszer kialakulását. Nemcsak a mennyiség, de a táplálék minősége is, például karotinoidtartalma növelheti a szervezet szabadgyökfogó képességét (COHEN et al. 2007). Az idegen tárgyat elkerülő viselkedésnek hosszú távon hatása lehet a rátermettségre, hiszen az egyed nagyobb területet járhat be, új dolgokat fedez fel, így több táplálékot találhat, rábukkanhat új búvó- és éjszakázóhelyekre, költésre alkalmas odúkra, továbbá az udvarlás alatt több tojóval találkozhat.

Házi egereken (*Mus musculus* LINNAEUS, 1758) végzett kísérlet alapján a nagyfokú agresszióra szelektált genetikai vonal egyedekben magasabb volt a plazma szabadgyökfogó képessége, viszont ROM-ban és oxidatív egyensúlyban nem különböztek a mérsékelt agresszióra szelektáltaktól. A ROM negatív kapcsolatban állt az agresszióval az agresszívabb vonalban (COSTANTINI et al. 2008a). Elképzelhető, hogy az örvös légykapó esetében az oxidatív stressz egy másik aspektusában mutatkozik mintázat az agresszióval, amit a ROM mértéke nem tükröz megfelelően. Eddig kevés vizsgálat irányult az általunk vizsgált viselkedések genetikai hátterének feltárására, pedig ezek az ismeretek sokat segíthetnek a viselkedések hátterében álló élettani folyamatok megértésében.

Vizsgálatunk rámutat arra, hogy eltérő fajoknál más-más mintázatot kaphatunk az egyed viselkedése és az egészségi, valamint az oxidatív állapota között. Ez az eltérés eredhet a fajok fiziológiai és viselkedésszerű különbségéből, valamint módszertani különbségekből is. Ezeket a mintázatokat tovább befolyásolhatja, hogy a vizsgált egyedek vadon vagy laboratóriumi körülmények között élnek.

**Köszönetnyilvánítás.** Szeretnénk megköszönni a segítséget a Viselkedésokológiai Csoport tagjainak, valamint a Pílisi Parkerdő Zrt-nek a terepmunka lehetővé tételét. A kutatások anyagi hátterét az NKFIH K115970 számú pályázat biztosította. A madarak megfogását és a szövetminták vételét a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (KTVF 10949-8/2013) és a Pest Megyei Kormányhivatal Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztálya (PE/KTF/11978-6/2015) engedélyezte. Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja (ÚNKP-18-2-I-ELTE-545) által SZABÓ GYULÁNAK nyújtott támogatása segítette a kutatások megvalósulását. MARKÓ GÁBORT az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (20430-3/2018/FEKUTSTRAT) támogatta.

## Irodalomjegyzék

ARNOLD, K. E., HERBORN, K. A., ADAM, A. & ALEXANDER, L. (2015): Individual variation in the oxidative costs of personality traits. *Functional Ecology* 29: 522–530. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12375>

- BOROSS, N., MARKÓ, G., LACZI, M., GARAMSZEGI, L. Z., HEGYI, G., HERÉNYI, M., KISS, D., NAGY, G., ROSIVALL, B., SZÖLLŐSI, E. & TÖRÖK, J. (2012): Sources of variation in haematocrit in the Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*). *Ornis Hungarica* 20: 64–72.  
<https://doi.org/10.2478/orhu-2013-0008>
- BOUWHUIS, S., QUINN, J. L., SHELDON, B. C. & VERHLUST, S. (2014): Personality and basal metabolic rate in a wild bird population. *Oikos* 123: 56–62.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00654.x>
- CAMPLANI, A., SAINO, N. & MOLLER, A. P. (1999): Carotenoids, sexual signals and immune function in barn swallows from Chernobyl. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 266: 1111–1116. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0751>
- COHEN, A., KLASING, K. & RICKLEFS, R. (2007): Measuring circulating antioxidants in wild birds. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology* 147: 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2006.12.015>
- COSTANTINI, D. & DELL'OMO, G. (2006): Effects of T-cell-mediated immune response on avian oxidative stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 145: 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.06.002>
- COSTANTINI, D. (2008): Oxidative stress in ecology and evolution: Lessons from avian studies. *Ecology Letters* 11: 1238–1251. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01246.x>
- COSTANTINI, D., CARERE, C., CARAMASCHI, D. & KOOLHAAS, J. M. (2008a): Aggressive and non-aggressive personalities differ in oxidative status in selected lines of mice (*Mus musculus*). *Biology Letters* 4: 119–122. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0513>
- COSTANTINI, D., DELL'ARICCIA, G. & LIPP, H. P. (2008b): Long flights and age affect oxidative status of homing pigeons (*Columba livia*). *The Journal of Experimental Biology* 211: 377–381. <https://doi.org/10.1242/jeb.012856>
- DAVIS, A. K., COOK, K. C. & ALTIZER, S. (2004): Leukocyte Profiles in Wild House Finches with and without Mycoplasmal Conjunctivitis, a Recently Emerged Bacterial Disease. *EcoHealth* 1: 362–373. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0134-2>
- DAVIS, A. K., MANEY, D. L. & MAERZ, J. C. (2008): The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: A review for ecologists. *Functional Ecology* 22: 760–772.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01467.x>
- DEMONGIN, L. (2016): *Identification guide to birds in the hand*. Laurent Demongin, Beauregard-Vendon, 392 pp.
- GARAMSZEGI, L. Z., ROSIVALL, B., HEGYI, G., SZÖLLŐSI, E., TÖRÖK, J. & EENS, M. (2006): Determinants of male territorial behavior in a Hungarian collared flycatcher population: plumage traits of residents and challengers. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60: 663–671. <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0210-4>
- GARAMSZEGI, L. Z., EENS, M. & TÖRÖK, J. (2009): Behavioural syndromes and trappability in free-living collared flycatchers, *Ficedula albicollis*. *Animal Behaviour* 77: 803–812.  
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.12.012>
- GARAMSZEGI, L. Z., ROSIVALL, B., RETTENBACHER, S., MARKÓ, G., ZSEBÖK, S., SZÖLLŐSI, E., EENS, M., POTTI, J. & TÖRÖK, J. (2012): Corticosterone, avoidance of novelty, risk-taking and aggression in a wild bird: no evidence for pleiotropic effects. *Ethology* 118: 621–635.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2012.02049.x>
- GARAMSZEGI, L. Z., ZAGALSKA-NEUBAUER, M., CANAL, D., MARKÓ, G., SZÁSZ, E., ZSEBÖK, S., SZÖLLŐSI, E., HERCZEG, G. & TÖRÖK, J. (2015): Malaria parasites, immune challenge, MHC variability, and predator avoidance in a passerine bird. *Behavioral Ecology* 26: 1291–1302.  
<https://doi.org/10.1093/beheco/arv077>

- GROSS, W. B. & SIEGEL, H. S. (1983): Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases* 27: 972–979. <https://doi.org/10.2307/1590198>
- HERBORN, K. A., COFFEY, J., LARCOMBE, S. D., ALEXANDER, L. & ARNOLD, K. E. (2011): Oxidative profile varies with personality in European greenfinches. *The Journal of Experimental Biology* 214: 1732–1739. <https://doi.org/10.1242/jeb.051383>
- HÖRAK, P., OTS, I. & MURUMÄGI, A. (1998). Haematological health state indices of reproducing Great Tits: A response to brood size manipulation. *Functional Ecology* 12: 750–756. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00244.x>
- HÖRAK, P., ZILMER, M., SAKS, L., OTS, I., KARU, U. & ZILMER, K. (2006): Antioxidant protection, carotenoids and the costs of immune challenge in greenfinches. *The Journal of Experimental Biology* 209: 4329–4338. <https://doi.org/10.1242/jeb.02502>
- ILMONEN, P., HASSELQUIST, D., LANGFORS, Å. & WIEHN, J. (2003): Stress, immunocompetence and leukocyte profiles of pied flycatchers in relation to brood size manipulation. *Oecologia* 136: 148–154. <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1243-2>
- JABLONSKY, M., SZÁSZ, E., KRENHARDT, K., MARKÓ, G., HEGYI, G., HERÉNYI, M., LACZI, M., NAGY, G., ROSIVALL, B., SZÖLLÖSI, E., TÖRÖK, J. & GARAMSZEGI, L. Z. (2018): Unravelling the relationship between life history, behaviour and condition under the pace-of-life syndromes hypothesis using long-term data from a wild bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 72: 52. <https://doi.org/10.1007/s00265-018-2461-2>
- JENNI-EIERMANN, S., JENNI, L., SMITH, S. & COSTANTINI, D. (2014): Oxidative stress in endurance flight: An unconsidered factor in bird migration. *PLoS ONE* 9: 1–6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097650>
- KILGAS, P., MÄND, R., MÄGI, M. & TILGAR, V. (2006): Hematological parameters in brood-rearing great tits in relation to habitat, multiple breeding and sex. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology* 144: 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.02.038>
- KRAMS, I., CIRULE, D., KRAMA, T. & VRUBLEVSKA, J. (2011): Extremely low ambient temperature affects haematological parameters and body condition in wintering Great Tits (*Parus major*). *Journal of Ornithology* 152: 889–895. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0672-7>
- KRAMS, I., VRUBLEVSKA, J., CIRULE, D., KIVLENIECE, I., KRAMA, T., RANTALA, M. J., SILD, E. & HÖRAK, P. (2012): Heterophil/lymphocyte ratios predict the magnitude of humoral immune response to a novel antigen in great tits (*Parus major*). *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology* 161: 422–428. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2011.12.018>
- LOBATO, E., MORENO, J., MERINO, S., SANZ, J. J. & ARRIERO, E. (2005): Haematological variables are good predictors of recruitment in nestling pied flycatchers (*Ficedula hypoleuca*). *Ecoscience* 12: 27–34. <https://doi.org/10.2980/i1195-6860-12-1-27.1>
- MARKÓ, G., COSTANTINI, D., MICHL, G. & TÖRÖK, J. (2011): Oxidative damage and plasma antioxidant capacity in relation to body size, age, male sexual traits and female reproductive performance in the collared flycatcher (*Ficedula albicollis*). *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* 181: 73–81. <https://doi.org/10.1007/s00360-010-0502-x>
- MAXWELL, M. H. & ROBERTSON, G. W. (1998): The avian heterophile leukocyte: a review. *World's Poultry Science Journal* 54: 155–178. <https://doi.org/10.1079/WPS19980012>
- MARKÓ, G., JABLONSKY, M., KRENHARDT, K., SZÁSZ, E., TÖRÖK, J., ZSEBŐK, S. & GARAMSZEGI, L. Z. (2016): Helyzetfüggő plaszticitás: támadási taktikák szerepe az örvös légykapó kockázatvállaló

- viselkedésében. In: *A Magyar Etológiai Társaság XVIII. Konferenciája: Program és összefoglalók*. Debrecen, Magyarország, p. 33
- MAZEROLLE, D. F. & HOBSON, K. A. (2002): Physiological ramifications of habitat selection in territorial male Ovenbirds: Consequences of landscape fragmentation. *Oecologia* 130: 356–363. <https://doi.org/10.1007/s00442-001-0818-z>
- MORENO, J., MERINO, S., MARTÍNEZ, J., SANZ, J. J. & ARRIERO, E. (2002): Hererophil/lymphocyte ratios and heat-shock protein levels are related to growth in nestling birds. *Écoscience* 9(4), 434–439. <https://doi.org/10.1080/11956860.2002.11682731>
- NADOLSKI, J., SKWARSKA, J., KALIŃSKI, A., BAŃBURA, M., ŚNIEGULA, R. & BAŃBURA, J. (2006): Blood parameters as consistent predictors of nestling performance in great tits (*Parus major*) in the wild. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology* 143: 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2005.10.021>
- OCHS, C. L. & DAWSON, R. D. (2008): Patterns of variation in leucocyte counts of female tree swallows, *Tachycineta bicolor*: Repeatability over time and relationships with condition and costs of reproduction. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology* 150: 326–331. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.04.003>
- OTS, I., MURUMÄGI, A. & HÖRAK, P. (1998): Haematological health state indices of reproducing Great Tits: Methodology and sources of natural variation. *Functional Ecology* 12: 700–707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00219.x>
- OWEN, J. C. & MOORE, F. R. (2006): Seasonal Differences in Immunological Condition of Three Species of Thrushes. *The Condor* 108: 389. <https://doi.org/10.1093/condor/108.2.389>
- SILD, E., SEPP, T. & HÖRAK, P. (2011): Behavioural trait covaries with immune responsiveness in a wild passerine. *Brain, Behavior, and Immunity* 25: 1349–1354. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2011.03.020>
- SPEAKMAN, J. R., BLOUNT, J. D., BRONIKOWSKI, A. M., BUFFENSTEIN, R., ISAKSSON, C., KIRKWOOD, T. B. L., MONAGHAN, P., OZANNE, S. E., BEAULIEU, M., BRIGA, M., CARR, S. K., CHRISTENSEN, L. L., COCHEMÉ, H. M., CRAM, D. L., DANTZER, B., HARPER, J. M., JURK, D., KING, A., NOGUERA, J. C., SALIN, K., SILD, E., SIMONS, M.J., SMITH, S., STIUER, A., TOBLER, M., VITIKAINEN, E., PEAKER, M. & SELMAN, C. (2015): Oxidative stress and life histories: Unresolved issues and current needs. *Ecology and Evolution* 5: 5745–5757. <https://doi.org/10.1002/ece3.1790>
- SZÁSZ, E., JABLONSKY, M., KRENHARDT, K., MARKÓ, G., HEGYI, G., HERÉNYI, M., LACZI, M., NAGY, G., ROSIVALL, B., SZÖLLÖSI, E., TÖRÖK, J. & GARAMSZEGI, L. Z. (2019): Male territorial aggression and fitness in collared flycatchers: a long-term study. *The Science of Nature* 106: 11. <https://doi.org/10.1007/s00114-019-1606-0>
- SZÖLLÖSI, E., GARAMSZEGI, L. Z., HEGYI, G., LACZI, M., ROSIVALL, B. & TÖRÖK, J. (2016): Haemoproteus infection status of collared flycatcher males changes within a breeding season. *Parasitology Research* 115: 4663–4672. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5258-0>

## Correlation between physiology and behavioural traits in a wild passerine

GYULA SZABÓ<sup>1\*</sup>, NÓRA BOROSS<sup>1,2</sup>, LÁSZLÓ ZSOLT GARAMSZEGI<sup>1,3,4,5</sup>,  
GERGELY HEGYI<sup>1</sup>, MÓNICA JABLONSKY<sup>1</sup>, KATALIN KRENHARDT<sup>1</sup>,  
MIKLÓS LACZI<sup>1,6</sup>, GÁBOR MARKÓ<sup>1,7</sup>, ESZTER SZÁSZ<sup>1</sup> & JÁNOS TÖRÖK<sup>1,8</sup>

<sup>1</sup>Behavioural Ecology Group, Department of Systematic Zoology and Ecology,  
Eötvös Loránd University, Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117 Budapest, Hungary

<sup>2</sup>Balaton Limnological Institute, Centre for Ecological Research, Hungarian Academy of Sciences,  
Klebersberg Kuno utca 3, H-8237 Tihany, Hungary

<sup>3</sup>Institute of Ecology and Botany, Centre for Ecological Research, Hungarian Academy of Sciences,  
Alkotmány utca 2-4, H-2163 Vácrátót, Hungary

<sup>4</sup>Departamento de Ecología Evolutiva, Estación Biológica de Doñana-CSIC,  
C/Americo Vespucio, 26, 41092 Seville, Spain

<sup>5</sup>MTA-ELTE Theoretical Biology and Evolutionary Ecology Research Group,  
Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology,  
Eötvös Loránd University, Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117 Budapest, Hungary

<sup>6</sup>The Barn Owl Foundation, Temesvári út 8, H-8744 Orosztony, Hungary

<sup>7</sup>Department of Plant Pathology, Szent István University, Villányi út 29-43, H-1118 Budapest, Hungary

<sup>8</sup>Ecology Research Group of the Hungarian Academy of Sciences,

Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117 Budapest, Hungary

\*E-mail: [szabogyula11@caesar.elte.hu](mailto:szabogyula11@caesar.elte.hu)

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) 105(1–2): 71–84.

**Abstract.** Despite the increasing number of studies describing behaviours, there are less knowledge of these behaviour's physiological background in wild populations. In this paper we investigated the relationship between health state, oxidative damage and behaviour in a wild collared flycatcher (*Ficedula albicollis*) population. We defined health state as the ratio of heterophil granulocytes and lymphocytes (H/L ratio). The number and ratio of leukocytes were counted in bloodsmears. Lower leukocyte ratio reflects better health state and lower stress level. We used plasma levels of reactive oxygen metabolites (ROMs) to measure oxidative damage. We collected blood samples from males during the courtship period and the chick-rearing period, while females were sampled only in the chick-rearing period. With regards to behaviour, we quantified novelty avoidance, aggression and risk-taking of males during courtship. There were no differences between sexes in H/L ratio and ROM levels. In one-year old males, ROM levels tended to be higher in the chick-rearing period. The correlation between H/L ratio and ROMs were significant only in females, namely lower oxidative damage associated with better health state. We found a correlation between novelty avoidance and ROM levels measured in the courtship period. The increase in ROMs might be caused by the demanding work of chick-rearing in one-year old males, while older males might have more experience in chick-rearing. Higher heterophil counts result in higher H/L ratio. Heterophils release radicals, which results in higher oxidative damage. Less novelty avoiding males might fly from a bigger distance to investigate novel objects getting close to its nest, resulting in a higher metabolism level, and higher plasma level of ROMs. More studies are needed for a deeper understanding of these patterns.

**Keywords:** oxidative damage, leukocyte ratio, aggression, risk-taking, novelty avoidance.

**Accepted:** 04.11.2019

**Published online:** 11.12.2019

## A barlangi adaptáció hatása közönséges víziászka (*Asellus aquaticus*) táplálékpreferenciájára

HAFENSCHER VIKTÓRIA PRISZCILLA<sup>1,2\*</sup>, HORVÁTH GERGELY<sup>1</sup>,  
BALÁZS GERGELY<sup>1</sup> és HERCZEG GÁBOR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viselkedéskökológiai Csoport, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

<sup>2</sup>Társadalom- és Gazdaságföldrajzi Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C \*E-mail: haf.viktoria@gmail.com

**Összefoglalás.** Az egyik legplasztikusabb fenotípusos jelleg a viselkedés, az új élőhelyek meghódítása során pedig kulcsfolyamat a viselkedési innováció, ami fejlettebb kognitív képességeket és idegrendszert igényel, ezért költségei is vannak. Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy egy táplálék- és élőhely-generalista faj, miután adaptálódott egy viszonylag stabil élőhelyhez, elveszti-e a táplálékváltást segítő innovációs készségét. Ehhez egy manipulatív kísérletet végeztünk, modellállatként a közönséges víziászka (*Asellus aquaticus*) felszíni és barlangi populációit használtuk. Hipotézisünk az volt, hogy a barlangi, stabilabb környezetben, kisebb a viselkedési innovációs készség. A kísérletek során azonban nem ezt tapasztaltuk.

**Kulcsszavak:** barlangkolonizáció, adaptáció, fenotípusos változatosság, táplálékpreferencia, környezeti stabilitás.

**Elfogadva:** 2019.11.20.

**Elektronikusan megjelent:** 2019.12.11.

### Bevezetés

FISHER egyszerű és statikus nézőpontja alapján azt várnánk, hogy a populációk átlagos fenotípusát a szelekció egy adaptív optimum felé tolja, melynek hatására a populáción belüli változatosság alacsony marad (FISHER 1930, 1958). A való életben azonban azt látjuk, hogy a populáció a fenotípusos jellegeket tekintve változatos, nem egy szűk optimum körül ingadozik. A fenotípusos plaszticitás egy genotípus azon képességét jelenti, hogy különböző környezetekben különböző fenotípusokat hozhasson létre, amit gyakran nehéz elkülöníteni az evolúciós mintázatoktól (WENNERSTEN & FORSMAN 2012).

A földfelszíni és földfelszín alatti élőhelyek összehasonlítása nagyszerű lehetőséget biztosít annak tesztelésére, hogy az alacsony környezeti változatosság csökkent fenotípusos változatosságot okoz-e. A barlangok speciális és elszigetelt élőhelyek, melyek jellemzően nagymértékben eltérnek a közvetlen környezetükben lévő felszíni környezettől. Homogénebbek és kevésbé változatosak mind az abiotikus, mind a biotikus környezeti tényezőket tekintve, mint a felszíni környezet (BARR & HOLSINGER 1985, CULVER & PIPAN 2019).

Nincs napszakos periodicitás, és ugyanígy az évszakok is hiányoznak. A barlangok további jellemzője az állandó sötétség, és viszonylagos állandó hőmérséklet. Szegényes a trofikus színteztettség, termelők sokszor abszolút nincsenek (BARR 1967).

Kutatásunk célja a fenotípusos változatosság különbségeinek vizsgálata barlangi és felszíni populációk összehasonlításával. Tesztelni kívántuk, hogy egy táplálék és élőhely szempontjából generalista fajnak elveszik-e a táplálékváltást segítő innovációs készsége, miután egy alacsony komplexitású élőhelyhez alkalmazkodott, melynek fizikai struktúrája egyszerű, a hőmérséklet egész évben állandó, az életközösség leegyszerűsödött és csupán egyféle tápláléktípus elérhető. Modelfajként a közönséges víziászkát (*Asellus aquaticus* LINNAEUS, 1758, Crustacea, Isopoda) választottuk, mely Európa-szerte elterjedt az édesvízekben, és populációi egymástól függetlenül többször, sikeresen hódítottak meg földalatti élőhelyeket (VEROVNIK et al. 2005). A barlangi populációkon szembevetendő a troglomorfa habitus, vagyis a pigmentáció elvesztése, az ommatidák visszafejlődése, és a csáp hosszának növekedése (PREVORCNIK et al. 2004). Magyarországon a közönséges víziászka egyetlen ismert barlangi populációja a Budán található, kemoautotróf Molnár János-barlangban él (BORSODI et al. 2012). A barlangi tavat karsztos hévíz táplálja, így a hőmérséklete évszaktól függetlenül 24 °C körül mozog (KENDER 1939); emellett a kemoautotróf aktivitású baktériumok táplálékként szolgálnak a víziászkáknak, ezzel önálló termelői szintet hozva létre más barlangokkal ellentétben, ahol csak kívülről kerül be az alsó trofikus szint. Mivel a viselkedés flexibilitásának fenntartása energiaigényes, és barlangi, viszonylag állandó környezet esetében feltételezzük, hogy nem igényel nagy viselkedési flexibilitást, azt várjuk, hogy a szelekció a viselkedés flexibilitásának csökkenése felé tolja a populációt.

Kutatásunk munkahipotézise, hogy a barlangi állandó környezetben a viselkedési flexibilitásnak általában és a flexibilitás extrém formájaként is értelmezhető innovációknak a jelentősége feltételezhetően alacsony és ezért az innovációra való hajlam csökken, esetleg el is tűnik a barlangi környezethez való alkalmazkodás során. A viselkedési innovációnak két fő típusát különíthetjük el: technikai innováció (új viselkedési mechanizmus) és forrás innováció (új forrás használata) (OVERINGTON et al. 2009). Az általunk vizsgált gerinctelen fajnál inkább a második típus várható, ezért a kutatásunkban tesztelt predikció a következő: a felszíni, sokféle táplálékot fogyasztó víziászkák gyorsabban váltanak a specifikus barlangi táplálékforrásra, mint a barlangi, egyféle táplálékot fogyasztó ászkák a felszíni táplálékforrásra.

## Anyag és módszer

### *Kísérleti állatok*

A gyűjtés 2018. augusztus 15–17. között történt, amikor a felszíni mintavételi helyek vízhőmérséklete nagyjából megegyezett a Molnár János-barlang tavának hőmérsékletével, nagyjából 23-24 °C körüli. Három felszíni, valamint egy barlangi populációból gyűjtöttünk 50-50 egyed, hímeket és nőstényeket egyenlő arányban (25+25). Felszíni mintavételi területeink a Csömöri-patak (47°35'35.03"N 19°07'21.78"E), a Dunakeszi-tőzegtavak (47°36'23.15"N 19°07'24.63"E), valamint a Malom-tó (47°31'05.09"N 19°02'09.19"E) vol-

tak. A barlangi populáció egyedei a Molnár János-barlangból (47°31'05.09"N 19°02'09.19"E) származnak, mely összeköttetésben áll a Malom-tóval, az eddigi vizsgálatok alapján azonban a felszíni és barlangi populáció között nincs génáramlás (PÉREZ-MORENO et al. 2017). A gyűjtést egyelűes módszerrel végeztük, felszíni élőhelyeken a vízből, vagy vízi növényzetből, a Molnár János-barlangban pedig egy speciálisan erre a célra kifejlesztett szippantót használtunk, minimalizálva ezzel az állatok sérülésének kockázatát. A mintavételi helyszínekről az élőhelynek megfelelő táplálékot (felszín: vízbe hullott nyárfalevél avar (*Populus* sp.), mivel ez volt legnagyobb mennyiségben jelen levő közös táplálékforrás; barlang: baktériumfilm), valamint vizet is gyűjtöttünk. Fontos megjegyezni, hogy a Molnár János-barlangban lévő populáció számára az egyetlen elérhető táplálékforrás a baktériumfilm, míg a felszíni populációk széles táplálékspektrumot fogyasztanak.

Az állatok közvetlenül a gyűjtést követően az ELTE Biológia Intézetben helyet kapó barlangbiológia laborba kerültek, ahol az egyes egyedek nemét sztereomikroszkópos vizsgálattal állapítottuk meg, majd egyesével, egyedi kóddal ellátott Petri-csészékben (átmérő: 85 mm; magasság: 24 mm fedő nélkül) helyeztük el őket. A Petri-csészék alját belül csiszolópapírral felcsiszoltuk, biztosítva ezzel a víziászkák akadálytalan helyváltoztatását az érdes felszínen. Minden egyedat az élőhelyéről származó vízben tartottunk, a vízszint kb. a tartóedény magasságának feléig ért. Ezt követően az egyedeket populációként speciális kamrákba helyeztük, melyek fedőlapjának belső peremén kétoldalt 1-1 fényforrás helyezkedett el, melyek természetes spektrumú fényt (színhőmérséklet: 4500 K) bocsátottak ki. A kamrák belsejébe infravörös felvételek készítésre alkalmas, átalakított webkamerákat szereltünk, a felvételekhez szükséges fényforrások a kamrák aljzatába voltak beszerelve. Fontos megjegyezni, hogy az ezek által kibocsátott hullámhossz (900 nm) a víziászkák nem képesek érzékelni (KÖHLER et al. 2018). A kamrák oldalfalai átlátszatlan fekete műanyaglapokból készült borítással voltak szigetelve, így szivárgó fény sem a külvilágból sem a dobozokból nem juthatott be illetve ki. A felszíni populációk esetében a felső fénycsövek az évszaknak megfelelő megvilágítási időt biztosítottak (16h nappal – 8h sötét), míg a Molnár János barlangból származó egyedeket állandó sötétségben tartottuk.

### ***Kísérleti elrendezés***

A kísérletek augusztus 24 és 27 között zajlottak, egy 48 órás aklimációs időszakot követően. Közvetlenül a kísérletek előtt egy órával minden egyed pozícióját randomizáltuk egy kamrán belül és a Petri-csészék közepére gumigyűrűket helyeztünk (átmérő: 5 mm; magasság: 1 mm), melyek a táplálékforrás kezdeti pozíciójának standardizálására szolgálták, a víziászkákat azonban nem gátolták a táplálkozásban. Minden egyedat a saját természetes környezetében teszteltünk, így a felszíni populációkat fehér fényben, míg a Molnár János-barlangból származó egyedeket sötétben. A felvételeket az OBS Studio program segítségével készítettük. A felvétel az első táplálék behelyezésével egy időben indult és az utolsó táplálék behelyezése után 60 percig futott.

A tesztek során az egyedek fele az élőhelyének megfelelő táplálékforrást (felszíni egyedek avart, barlangi egyedek baktériumfilmet), másik fele számára ismeretlen táplálékforrást (felszíni egyedek baktériumfilmet, barlangi egyedek avart) kapott. A megmaradt táplálékot a teszt után eltávolítottuk, majd 48 óra múlva került sor a második tesztre, melyben felcseréltük a táplálékforrásokat. Az tesztek sorrendjét minden egyednél randomizálással alakítottuk.



tuk ki. Az akklimációs idő alatt, valamint a két kísérlet között az egyedek nem kaptak táplálékot.

### Adatfeldolgozás

Az egyedi táplálékpreferencia leírásához a következő egyedi változókat alkalmaztuk: (i) a táplálkozási hajlandóságot (vagyis, hogy az állat megkezdte-e a táplálkozást) és (ii) az egyedi összes táplálkozási időt. Táplálkozási eseménynek azt tekintettük, amikor az állat érintkezett a táplálékforrással és láthatóan manipulálta azt. Akkor tekintettünk befejezettnek egy táplálkozási eseményt, amikor az állat legalább egy testhossz távolságra távolodott a táplálékforrástól. Hogyha egy egyed egyértelműen nem mutatott érdeklődést a táplálékforrás irányába a 60 perc alatt, a maximum látenciaidőt kapta (3600). Végül 49 egyed nem táplálkozott egyik kísérlet során sem, emiatt binomiális változóként kezeltük a táplálkozási hajlandóságot, ahol 1 értéket kaptak az egyedeknek, amik táplálkoztak a teszt ideje alatt és 0 értéket, melyek nem táplálkoztak ez idő alatt. A statisztikai elemzéseket az R programmal (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2018) végeztük.

Annak tesztelésére, hogy hatással van-e a tápláléktípus és populáció az összes egyed táplálkozási hajlandóságára, egy általánosított lineáris kevert modellt használtunk, logit linkkel (NAKAGAWA & SCHIELZETH 2010). Ebben a modellben a binomiális eloszlású táplálkozási hajlandóság volt a függő-, míg a tápláléktípus, a populációk és ezek interakciói a magyarázó változók. A random hatásokat *likelihood ratio* teszttel becsültük. A modellek futtatásához az lme4 és lmerTest könyvtárakat használtuk (BATES et al. 2014, KUZNETSOVA et al. 2017). Az esetleges habituáció teszteléséhez z-transzformációt alkalmaztunk a merési sorrenden (innen: sorrend), melyet önmagában és az egyeddel összefüggésben (random meredekség) is bevittük a modellbe. A random tengelymetszet (random faktorok az egyedek) és random meredekség (egyed  $\times$  sorrend mint random faktorok) modelleket Khi-négyzet teszttel hasonlítottuk össze. A marginális és kondicionális  $R^2$  értékek becslését a MuMIn könyvtár (BARTOŃ 2013) használatával, továbbá NAKAGAWA & SCHIELZETH (2013) ajánlásait figyelembe véve végeztük. Ezt követően teszteltük a tápláléktípus és populáció táplálkozási időre kifejtett hatását a legalább egyszer táplálkozó egyedek esetében. Ehhez egy negatív binomiális eloszlást feltételező általánosított lineáris kevert modellt használtunk, log linkkel (NAKAGAWA & SCHIELZETH 2010). A független változók a populáció, az ivar, a tápláléktípus és a kísérletek sorrendje voltak.

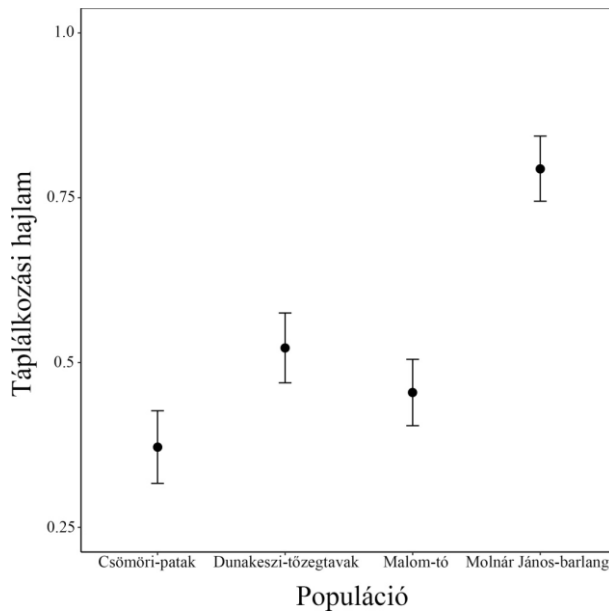
### Eredmények

A táplálkozási hajlandóság esetében a habituáció (sorrend) szignifikáns volt (1. táblázat), az egyedek idővel hajlamosabbak voltak táplálkozni, függetlenül a táplálék típusától. A Molnár János-barlangból származó egyedek hajlamosabbak voltak táplálkozni, mint bármelyik felszíni populáció egyedei (1. táblázat, 1. ábra). Marginálisan szignifikáns különbséget találtunk az egyedi viselkedési átlagokban ( $\chi^2_1 = 2,61$ ;  $P = 0,053$ ). Az  $R^2$  értékek alapján a fix hatások a teljes variancia 17,3%-át magyarázzák, míg a teljes modell 29,8%-ot magyaráz.

**1. táblázat.** A víziászka populációk táplálkozási hajlamára futtatott binomiális lineáris kevert modell eredményei. A szignifikáns eredmények vastagon szedettek.

**Table 1.** Results of a binomial linear mixed model running on the nutritional propensity of waterlouse populations. Significant results are bold.

	$\chi^2$ (df)	<i>P</i>
<b>Populáció</b>	<b>21,97 (4);</b>	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Ivar</b>	0,81 (1);	0,37
<b>Táplálék</b>	0,11 (1);	0,74
<b>Sorrend</b>	<b>4,56 (1);</b>	<b>0,03</b>
<b>Populáció × Ivar</b>	3,88 (3);	0,28
<b>Populáció × Táplálék</b>	1,20 (1);	0,75
<b>Ivar × Táplálék</b>	0,62 (1);	0,43
<b>Populáció × Ivar × Táplálék</b>	2,30 (3);	0,51



**1. ábra.** Táplálkozási hajlam az egyes víziászka populációkban. Az ábrán átlagok és hozzájuk tartozó standard hibák vannak feltüntetve.

**Figure 1.** Nutritional susceptibility in each waterlouse population. The figure shows averages and associated standard errors.

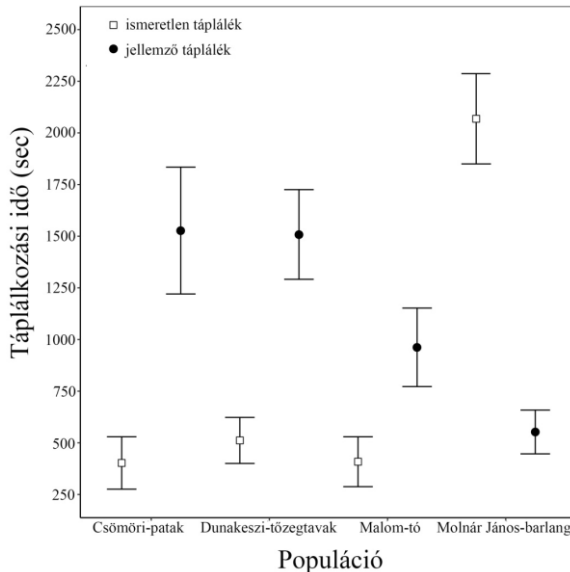
Nem találtunk szignifikáns habituációt a táplálkozási idő esetében (2. táblázat). A populáció × tápláléktípus interakciónak a táplálkozási időre szignifikáns volt a hatása (2. táblá-

zat): felszíni populációk a szokásos tápláléktípussal, a Molnár János-barlangból származó egyedek pedig az új tápláléktípussal töltöttek több időt (2. ábra). Más szóval, mindegyik populáció a felszíni tápláléktípuson, vagyis a falevélen táplálkozott többet. Az egyedek átlagos viselkedése szignifikánsan eltért egymástól ( $\chi^2_{1} = 206427$ ;  $P < 0,001$ ).

**2. táblázat.** A víziászka populációkon futtatott negatív binomiális kevert modell eredményei. A szignifikáns eredmények vastagon szedettek.

**Table 2.** Results of a negative binomial blended model run on waterlouse populations. Significant results are bold.

	$\chi^2(\text{df})$	<i>P</i>
<b>Populáció</b>	<b>2 440 (4)</b>	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Ivar</b>	0,44 (1)	0,51
<b>Táplálék</b>	<b>4,75 (1)</b>	<b>0,029</b>
<b>Sorrend</b>	2,46 (1)	0,12
<b>Populáció × Ivar</b>	1,80 (3)	0,61
<b>Populáció × Táplálék</b>	<b>17,79 (1)</b>	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Ivar × Táplálék</b>	0,40 (1)	0,53
<b>Populáció × Ivar × Táplálék</b>	2,64 (3)	0,45



**2. ábra.** Az egyes tápláléktípusok kezelésével eltöltött idő az egyes víziászka populációkban. Az ábrán átlagok és hozzájuk tartozó standard hibák vannak feltüntetve.

**Figure 2.** The time spent on treating each foodtypes in each waterlouse population. The figure shows averages and associated standard errors.

A felszíni populációk táplálkozási viselkedésében nem volt szignifikáns különbség. Ugyanakkor a Csömöri-patakból származó populáció esetében trend mutatkozik az alacsony táplálkozási hajlam irányába.

## Értékelés

A viselkedési innováció egyrészt lehetővé teszi minél több forrás hatékony kihasználását, ugyanakkor a megfelelő viselkedési flexibilitást biztosító központi idegrendszer energiaigényes fejlődése miatt nem elhanyagolható költségei vannak (KOTRSCHAL et al. 2013, AIELLO & WHEELER 1995). Ezért egy olyan új élőhely benépesítése esetén, ahol az innovációs készség előnyei elvesznek, vagy látszólag minimálisak, az innovációs készség evolúciós elvesztését vártuk. Az általunk vizsgált barlangban egyetlen táplálékforrásként baktériumtörzsek szolgálnak, melyek nagy része vas- és kén-oxidáló baktérium (BORSODI et al. 2012). Ezen törzsek jelenléte a barlang magas kéntartalmának köszönhető, és specialitásuk miatt valószínű, hogy e törzsek ismeretlenek a felszíni populációk számára. Predikciónk szerint a barlangi víziászkák (melyek a Molnár János-barlang esetében genetikailag nagyjából 140 000 éve izolálódtak, és tértek át barlangi életmódra (PÉREZ-MORENO et al. 2017)) nem fogják fogyasztani a felszíni táplálékot, a felszíni víziászkák ellenben képesek lesznek váltani a barlangi táplálékforrásra. Egy közelmúltban publikált tanulmány alapján a szerves szén (total organic carbon, TOC) jelenléte mérési hibahatár alatt van a Molnár János-barlangban (DOBOSY et al. 2016), ami arra utal, hogy ez esetben a külvilágból nem kerül be szerves anyag, tehát a levélavár valóban ismeretlen táplálék az ott élő állatok számára.

Egyik megfigyelésünk volt, hogy a barlangi populációban tápláléktípustól függetlenül arányaiban több egyed táplálkozott, mint bármely felszíni populáció esetében. A különböző tápláléktípusokkal töltött idő esetében predikciónkkal ellentétes eredményeket kaptunk, ugyanis a barlangi populáció egyedei is a felszíni tápláléktípust részesítették előnyben. Ebből arra következtethetünk, hogy a barlangi víziászkáknál nemcsak fennmaradt a felszíni táplálék felismerésének és elfogyasztásának képessége, de ugyanazt a preferenciát is mutatták a felszíni táplálék iránt, mint a felszíni populációk egyedei.

A barlangi egyedek jóval nagyobb arányban táplálkoztak a felszínieneknél. Magyarán szólva szolgálhat egy hasonló adaptáció, mint amit az *Astyanax mexicanus* halfaj esetében figyeltünk meg. A barlangi életmódhoz alkalmazkodott egyedek jóval fejlettebb szaglással bírnak, mely nagy segítséget nyújt többek közt a táplálék megtalálásában (BIBLIOWICZ et al. 2013). Könnyen elképzelhető, hogy a közönséges víziászka is hasonló evolúciós folyamat során alkalmazkodott, és a barlangi egyedek azért táplálkoztak nagyobb arányban, mert a táplálék észlelésére szolgáló kemoszenzoros működésük érzékenyebb, mint felszíni fajtársaiké. A Csömöri-patakból származó populáció esetében a vízáram megszűnése közre játszhatott az alacsony táplálkozási hajlandóságban. Természetes élőhelyükön a víz áramlása miatt oxigéndúsabb a patak, ezáltal a Petri-csészében a csökkent elérhető oxigén stresszfaktor lehetett számukra, bár a közönséges víziászka igen rezisztens a hypoxiára (MALTBY 1995).

A barlangi populáció egyedei több időt töltöttek a számukra potenciálisan ismeretlen tápláléktípus, a levélavár fogyasztásával, mint a számukra megszokott baktériumfilmmel. MARCUS et al. (1978) eredményei alapján a levélavár tápanyagtartalma kielégítőbb a

baktériumfilmmel szemben, mely összhangban áll az általunk megfigyelttekkel. Ez magyarázhatja, hogy a Molnár János-barlangban élő víziászkák miért táplálkoztak többet a levélavarról, mint a baktériumfilmből. Egy másik nyomós érv lehet a levélavarr preferálása mellett, hogy a baktériumfilmben nehézfém halmozódik fel, egész pontosan arzén és nikkel, mely mérgező a víziászkák számára (MARTIN 1986; DOBOSY et al. 2016).

Összefoglalva a kutatás eredményeit, úgy sejtjük, hogy a flexibilitáshoz szükséges energiaigényből származó hátrány kisebb, mint a flexibilitás elvesztéséből adódó hátrány, vagy a flexibilitás ezen szintje elenyésző költségekkel jár. A háttérmechanizmus pontos megértéséhez további kísérletek szükségesek, melyek eredményei az evolúciobiológiában és viselkedéskológiában hasznos és értékes információkkal bővíthetik eddigi tudásunkat.

**Köszönetnyilvánítás.** A kísérletek előkészítésében és megvalósításában való segítségért köszönet illeti HAJRIZ BERISHÁT. A kísérletek a NKFI SNN 125627 pályázat keretein belül valósulhattak meg.

## Irodalomjegyzék

- AIELLO, L. C. & WHEELER, P. (1995): The Expensive-Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human and Primate Evolution. *Current Anthropology* 36: 199–221. <https://doi.org/10.1086/204350>
- BARR, T. C. & HOLSINGER, J. R. (1985): Speciation in Cave Faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 313–337. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.001525>
- BARR, T. C. (1967) Observations on the Ecology of Caves. *The American Naturalist* 101 (922): 475–491. <https://doi.org/10.1086/282512>
- BARTON, K. (2013): MuMIn: Multi-model inference. Version 1.9.5. *Package for R*.
- BATES, D., MÄCHLER, M., BOLKER, B. & WALKER, S. (2014): Fitting Linear Mixed-Effects Models using lme4, ArXiv e-prints. arXiv:1406.10.18637/jss.v067.i01. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- BIBLIOWICZ, J., ALIÉ, A., ESPINASA, L., YOSHIZAWA, M., BLIN, M., HINAUX, H. & RÉTAUX, S. (2013): Differences in chemosensory response between eyed and eyeless *Astyanax mexicanus* of the Rio Subterráneo cave. *EvoDevo* 4: 2–7. <https://doi.org/10.1186/2041-9139-4-25>
- BORSODI, A. K., KNÁB, M., KRETT, G., MAKK, J., MÁRIALIGETI, K., EROSS, A., & MÁDL-SZONYI, J. (2012): Biofilm Bacterial Communities Inhabiting the Cave Walls of the Buda Thermal Karst System, Hungary. *Geomicrobiology Journal* 29: 611–627. <https://doi.org/10.1080/01490451.2011.602801>
- CULVER, D. C. & PIPAN, T. (eds) (2019): *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats* (2nd ed.). Oxford University Press, Oxford, 119 pp. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198820765.003.0006>
- DOBOSY, P., SÁVOLY, Z., ÓVÁRI, M., MÁDL-SZONYI, J. & ZÁRAY, G. (2016): Microchemical characterization of biogeochemical samples collected from the Buda Thermal Karst System, Hungary. *Microchemical Journal* 124: 116–120. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.08.004>
- FISHER, R. A. (ed.) (1930): *The Genetical Theory of Natural Selection* Oxford: Clarendon Press, 69 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.27468>

- FISHER, R. A. (ed.) (1958). *The genetical theory of natural selection* (2nd ed.). Dover Publications, New York, 69 pp.
- KENDER, J. (1939): A Szent Lukács-fürdő tavának limno-biológiai vizsgálata. *Palaestra Calasanciana* 25: 1–24
- KOHLER, S. A., PARKER, M. O. & FORD, A. T. (2018): Species-specific behaviours in amphipods highlight the need for understanding baseline behaviours in ecotoxicology. *Aquatic Toxicology* 202: 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.07.013>
- KOTRSCHAL, A., ROGELL, B., BUNDSSEN, A., SVENSSON, B., ZAJITSCHKEK, S., BRÄNNSTRÖM, I. & KOLM, N. (2013): Artificial Selection on Relative Brain Size in the Guppy Reveals Costs and Benefits of Evolving a Larger Brain. *Current Biology* 23: 168–171. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.11.058>
- KUZNETSOVA, A., BROCKHOFF, P. B. & CHRISTENSEN, R. H. B. (2017): lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software* 82(13). <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- MALTBY, L. (1995): Sensitivity of the crustaceans *Gammarus pulex* (L.) and *Asellus aquaticus* (L.) to short-term exposure to hypoxia and unionized ammonia: Observations and possible mechanisms. *Water Research* 29(3): 781–787. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00231-U](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00231-U)
- MARCUS, J. H., SUTCLIFFE, D. W. & WILLOUGHBY, L. G. (1978): Feeding and growth of *Asellus aquaticus* (Isopoda) on food items from the littoral of Windermere, including green leaves of *Elodea canadensis*. *Freshwater Biology* 8: 505–519. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1978.tb01473.x>
- MARTIN, T. R. (1986) The acute lethal toxicity of heavy metals to peracarid crustaceans (with particular reference to fresh-water asellids and gammarids). *Water Research* 20(9): 1137–1147. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(86\)90060-6](https://doi.org/10.1016/0043-1354(86)90060-6)
- NAKAGAWA, S. & SCHIELZETH, H. (2010): Repeatability for Gaussian and non-Gaussian data: A practical guide for biologists. *Biological Reviews* 85: 935–956. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00141.x>
- NAKAGAWA, S. & SCHIELZETH, H. (2013): A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution* 4: 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>
- OVERINGTON, S. E., MORAND-FERRON, J., BOOGERT, N. J. & LEFEBVRE, L. (2009). Technical innovations drive the relationship between innovativeness and residual brain size in birds. *Animal Behaviour* 78: 1001–1010. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.033>
- PÉREZ-MORENO, J. L., BALÁZS, G., WILKINS, B., HERCZEG, G. & BRACKEN-GRISSOM, H. D. (2017): The role of isolation on contrasting phylogeographic patterns in two cave crustaceans. *BMC Evolutionary Biology* 17: 247. <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1094-9>
- PREVORCNIK, S., BLEJEC, A. & SKET, B. (2004): Racial differentiation in *Asellus aquaticus* (L.) (Crustacea: Isopoda: Asellidae). *Archiv Für Hydrobiologie* 160: 193–214. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2004/0160-0193>
- VEROVNIK, R., SKET, B. & TRONTELI, P. (2005): The colonization of Europe by the freshwater crustacean *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) proceeded from ancient refugia and was directed by habitat connectivity. *Molecular Ecology* 14: 4355–4369. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02745.x>
- WENNERSTEN, L. & FORSMAN, A. (2012): Population-level consequences of polymorphism, plasticity and randomized phenotype switching: A review of predictions. *Biological Reviews* 87: 756–767. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2012.00231.x>

## The effect of cave adaptation on the food preference of the common waterlouse (*Asellus aquaticus*)

VIKTÓRIA PRISZCILLA HAFENSCHER<sup>1,2\*</sup>, GERGELY HORVÁTH<sup>1</sup>,  
GERGELY BALÁZS<sup>1</sup> & GÁBOR HERCZEG<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Behavioral Ecology Group, Department of Zootaxonomy and Ecology, Eötvös Loránd University,  
Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117 Budapest, Hungary

<sup>2</sup>Department of Social and Economic Geography, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter sétány 1/C,  
H-1117 Budapest, Hungary \*E-mail: haf.viktoria@gmail.com

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) 105(1–2): 85–94.

**Abstract.** Behaviour is one of the most plastic phenotypic traits and behavioural innovation could be an important mechanism during colonization of novel environments, however, as it requires developed cognitive skills and nervous system, it has serious costs. Here, we aimed to test whether a species generalist for habitat and food sources loses its innovativeness towards food change after colonizing and adapt to a stable environment. To this end, we conducted a manipulative experiment with surface and subterranean populations of common waterlouse (*Asellus aquaticus*). We expected low behavioural flexibility and behavioural innovation in animals adapted to caves, as in environments with low spatiotemporal variability these are expected to yield low benefits. The pattern we got was the opposite in the populations.

**Keywords:** cave colonization, adaptation, phenotypic variability, food preference, environmental stability.

**Accepted:** 20.11.2019

**Published online:** 11.12.2019

## Zsákmány és ragadozó együttélése agrárkörnyezetben: a mezei hörcsög (*Cricetus cricetus*) és a molnárgörény (*Mustela eversmanii*) napi és szezonális aktivitásmintázata kotorékoknál

CSEKÉSZ TAMÁS<sup>1\*</sup>, KISS CSABA<sup>2</sup> és OTTLECZ BARNABÁS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross utca 13.

<sup>2</sup>Bükki Emlőstani Kutatócsoport Egyesület, 3300 Eger, Maklári út 77/A

\*E-mail: [cserkesz.tamas@nhmus.hu](mailto:cserkesz.tamas@nhmus.hu)

**Összefoglalás.** A mezei hörcsög és a vadászatára nagymértékben specializálódott molnárgörény életmódját, illetve tavaszi és nyári napi aktivitási mintázatát Békés megye déli részén, egy 2 km hosszú mezsgyeszakaszon vizsgáltuk kameracsapdákkal. Ezen a területen legalább 4–5 molnárgörény talált menedéket a kutatási időszakban, ami kifejezetten magas egyedsűrűségnek számít ahhoz képest, hogy a molnárgörény az ország jelentős részéről eltűnt, vagy egyedsűrűsége a kimutatható küszöb alatt lehet. A hörcsög szintén gyakori faj ezen a területen, helyenként mérgezéssel védekeznek ellene. Mindkét faj esetében a legmagasabb szezonális aktivitást tavasszal mértük; a magas aktivitás legvalószínűbb okának a párási időszakot jelöltük meg. Ekkor a hörcsög és a görény napi aktivitása nagyobb átfedést mutatott, mint nyáron ( $\Delta 1=0,66$  tavasszal, illetve  $\Delta 1=0,3$  nyáron). A görény aktív időszakának kezdete mindkét szezonban megelőzte a hörcsögét, és később is zárult annál, tehát lefedte a hörcsög aktivitási periódusát. Nyáron a mezsgyében lévő kotorékoknál kevesebb felvételt sikerült rögzíteni, ami valószínűleg annak köszönhető, hogy az állatok ebben az időszakban már többet tartózkodnak a szántóföldek magas vetéseiben, és nem szorulnak rá a mezsgye nyújtotta fedezésre. Nyáron a görény aktivitása megtartotta bimodális jellegét, a hörcsögé viszont ezzel ellentétes unimodális mintázatot mutatott, ami feltételezhetően a ragadozók elkerülésére irányuló aktivitási válasz. A molnárgörény élőhelyén ritka látogatónak regisztráltuk a rókát, a görény egyik jelentős ragadozóját. A kevés róka Békés megyében elősegítheti az életképes molnárgörény populáció fennmaradását.

**Kulcsszavak:** vadkamera, kernel sűrűség becslés, veszélyeztetett emlősfajok.

**Elfogadva:** 2020.04.13.

**Elektronikusan megjelent:** 2020.05.08.

### Bevezetés

A molnárgörény (*Mustela eversmanii* LESSON, 1827) egy kevésbé ismert, veszélyeztetett palearktikus ragadozó emlősfaj. Rejtett életmódja és populációinak alacsony egyedsűrűsége miatt vizsgálata nehézségekbe ütközik, így kevés információval rendelkezünk ahhoz, hogy reálisan meghatározzuk a populációkat veszélyeztető tényezőket, illetve a fajmegőrzéshez szükséges tevékenységek körét. Hasonlóan hiányosak az aktuális ismereteink egyik legfontosabb táplálékállatáról, a mezei hörcsögről (*Cricetus cricetus* LINNAEUS,



1758), így a vizsgálatok hiánya mindkét faj esetében megnehezíti a hatékony védelmet. Napjainkban Magyarországon a hörcsög megítélése kettős: az ország egyes részein károkozásra is képes, ezért nagy területeken védekeznek ellene mérgezéssel, amely másodlagosan többek között a molnárgörény szervezetébe is bekerülhet, ami a pusztulását okozhatja. Példaként érdemes megemlíteni egy dániai kutatást, amiben a vizsgált közönséges görény (*Mustela putorius*) tetemek 93–95%-ban mutatták ki roenticidek maradványait (ELMEROS et al. 2018). Másrészt a hörcsög védelme is előtérbe került, hiszen Magyarországon sok helyen megritkult, vagy eltűnt (CSERKÉSZ 2017), Nyugat-Európában veszélyeztetett, fokozottan védett fajnak számít (WEINHOLD 2008), továbbá számos ragadozó, pl. a parlagi sas fontos prédája (HORVÁTH et al. 2018). A hörcsög és a molnárgörény is szerepel az Élőhelyvédelmi Irányelv védett fajok listáján, bár a hörcsög esetében Magyarország derogációt kért, amit meg is kapott. A molnárgörény jelenleg az IUCN Vörös Listáján a hörcsöghöz hasonlóan (KRYŠTUFEK et al. 2016) európai (TIKHONOV et al. 2007) és globális szinten is „nem, vagy legkevésbé veszélyeztetett” (*Least Concern*) besorolású faj (MARAN et al. 2016). Mindkét fajról 2022-ig a GRASSLAND-HU LIFE IP projekt keretében megőrzési terv készül (<http://www.grasslandlifeip.hu>). Természetvédelmi szempontból további célunk, hogy a jelen tanulmányban bemutatott új eredmények és értékelésük tudományos szintű ismeretekkel alapozzák meg a tervezett fajmegőrzési terveket. A molnárgörény védelme nem választható el legfontosabb táplálékállatának, a hörcsögnek a védelmétől. E két, eddig kevés figyelmet kapott faj természetvédelmi célú kutatásának magasabb prioritást kellene kapnia a jövőben.

Munkánkban vadkamerákkal vizsgáltuk a molnárgörény és a hörcsög aktivitását és viselkedését országunk egy olyan egyedülálló régiójában, ahol mindkét faj még gyakorinak tekinthető (CSATHÓ et al. 2016, OTTLE CZ et al. 2019). Kérdéseink között szerepelt, hogy a zsákmány és az annak vadászatára magas szinten specializált ragadozó aktivitása között mekkora átfedés tapasztalható, illetve mennyire aktívak egymás kotorékának közelében. A vizsgálat további célja általános adatgyűjtés volt a mezei hörcsög és a molnárgörény ma még kevésbé ismert életmódjáról, szaporodásbiológiájáról, illetve természetes ragadozóikról és a populációikat veszélyeztető tényezőkről. Az agrár-élőhely életközösségében a molnárgörény a ragadozó és a zsákmány szerepét is egyaránt betölti, hiszen nem ő a csúcsragadozó a táplálékláncában, hanem a róka és a parlagi sas. Molnárgörényt zsákmányoló parlagi sásról FEFELOV (2004) és MEYBURG & KIRWAN (2020) közölt adatokat, rókánál pedig OTTLE CZ BARNABÁS figyelte meg ezt a viselkedést (OTTLE CZ unpubl.).

A molnárgörényről hasonló vadkamerás vizsgálat még nem készült, bár a faj első észlelése Nepál területén kamerákkal végzett felmérésnek volt köszönhető (CHETRI et al. 2014). A mezei hörcsög esetében viszont készült már hasonló, aktivitást elemző vizsgálat: ALBERT et al. (2014) a hörcsög és ragadozóinak napi, illetve éves aktivitásáról szintén kamerák segítségével gyűjtöttek adatokat. Eredményeik szerint őszi felé haladva a hörcsög számára elérhető táplálék mennyiségének és a védelmet nyújtó vegetációs borítás csökkenésével a hörcsög és a ragadozóinak aktivitási csúcsa fokozatosan átfedésbe került. VILLEMÉY et al. (2013) hörcsög-visszatelepítési akciókban használtak vadkamerákat és a visszatelepített egyedek szaporodási sikerét mérték az új területen született utódok száma alapján.

## Anyag és módszer

### *Kutatási terület*

A felmérés helyszínéül a Békés megyei Mezőkovácsháza külterületét választottuk, amely tájféldrajzilag a Csanádi-hát kistájhoz tartozik a Körös-Maros közének legkeletibb részén. A kistáj 97 és 104 méter közötti tengerszint feletti magasságú löszszappal fedett hordalékkúp-síkság; ortográfiai domborzattípusát tekintve pedig alacsony ármentes síkság. A felszint – a nyugati rész elgátolt laposainak kivételével – mindenütt infúziós lösz, homokos lösz fedí (SÜMEGHY 1944, RÓNAI 1983). A legnagyobb arányban felszántott kistájaink egyike, a természetszerű növényzet erősen fragmentált. Az eredeti löszsztepp-vegetáció maradványait jellemzően az utak, közigazgatási határok, erek mentén húzódó mezsgyék őrzik (KIRÁLY et al. 2008). Éppen kedvező földrajzi adottságainak (árvíz- és belvízmentesség, jól ásható lösz) is köszönhetően, a Csanádi-háton – Európában már egyedülállóan – magas egyedszámú populációja található a hörcsögnek és a molnárgörénynek egyaránt. A mintavételi területen az élőhely változatos szántóföldi kultúrák között vezető, kisforgalmú földutat egyik oldalról szegélyező 5–20 méter széles fás bozotos mezsgye 2 km hosszú szakasza volt, ahol korábbi felméréseinkben magas egyedszámúnak mutatkozott mindkét faj állománya. A megtalált molnárgörény kotorekokról nyilvántartást vezettünk, sorszámokkal jelöltük őket; a cikkben bemutatott megfigyelést a 7-es, 8-as és 99-es számú kotorekoknál végeztük el.

Az első felmérések 2018. decemberében kezdődtek, de ekkor még csak a kamera-beállításokat teszteltük; a tényleges monitoring 2019. márciustól kezdődött. A kamerák ellenőrzésére, az akkumulátorok cseréjére és a memóriakártyán tárolt felvételek lemásolására, legfeljebb havonta egy alkalommal került sor.

### *Vadkamerák alkalmazása*

A kameracsapdázás az egyik leghatékonyabb és leginkább objektív módszere az állat-közösségről gyűjthető tér- és időbeli előfordulási adatoknak (O'CONNELL et al. 2010, ROVERO & ZIMMERMANN 2016). Különösen a rejtett életmódú fajok, így leginkább a ragadozók kimutatására és monitorozására alkalmas, akár nagyobb tér- és időbeli skálán is. Szükségtelen az állatokat csapdába ejteni és kézbe venni, ami állatvédelmi szempontból is előnyös, különösen, ha a hagyományos csapdázással hasonlítjuk össze, ami kíméletes protokoll követése mellett is kockázatot jelent a befogott állatok számára. További nagy előnye, hogy egyetlen beállítással egyidejűleg vizsgálható több szimpatrikus faj aktivitási mintázata, niche-átfedése, vagy szaporodása (BRIDGES & NOSS 2011). Statisztikailag viszont leginkább abban az esetben elemezhetők a módszerrel gyűjtött adatok, ha a kamerákkal megfigyelt állatok egyedileg is azonosíthatók, viszont erre a legtöbb esetben nincs lehetőség. Ilyenkor a jelenlét/hiány alapú területi felmérések kivitelezhetőbbek. Jelen vizsgálatban a relatív abundanciát a fogási rátával indexeltük (fotók száma / mintavételi egység / nap), amellyel időbeli trendeket hasonlíthatunk össze, figyelembe véve a módszer korlátait (CARBONE et al. 2001). A módszer további hiányosságai között meg kell említeni, hogy nem térképezhető fel teljeskörűen az állatok aktivitása; például a kamerák elsősorban akkor detektálják az állatokat, amikor azok elhagyják földalatti lakhelyüket, vagy a kotorek köz-

vetlen környezetében tevékenyek. Földalatti aktivitásukat sem tudjuk mérni, mint ahogyan nem tudjuk követni sem a megfigyelt egyedet, miután az elhagyta a kamera látóterét. Mind-ezen korlátokat az eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni.

A vizsgálatban nem csak a megjelenés tényét detektáltuk, hanem a kotoréklakó görény viselkedését is megfigyeltük és kategorizáltuk: 1) érkezik/távozik, 2) tisztálkodik, 3) táplálkozik, 4) figyel, 5) pihen, pl. napozik.

A 6 darab vadkamera molnárgörény és/vagy hörcsög által lakott kotorékok közvetlen közelében lett kihelyezve 2019. március 22. és szeptember 30. között, többféle teszt-beállításban a földfelszínhez közel. A legkisebb távolság kamera és kotorék között 70 cm, a legnagyobb 200 cm volt. A közeli pozícióval a görény által a kotorékhoz behozott zsákmányokat kívántuk azonosítani. A távolabbi beállítással lehetőség nyílt a kotorékok tágabb környezetének megfigyelésére, illetve a kotorékhoz spontán közelítő egyéb állatok jelenlétének rögzítésére is. A kamera és a kotorék között megritkítottuk az aljnövényzetet, hogy szeles időben a növények elmozdulása ne aktiválja a kamerákat, vagy ne takarják ki a fotózott állatokat. Csalianyagot nem alkalmaztunk. A megfigyelt kotorékok átlagosan 400 méter távolságra helyezkedtek el egymástól.

A megfigyelt molnárgörények a vizsgálat elején befogásra kerültek és a szövetmintáikból kivont DNS alapján molekuláris genetikai módszerekkel (RADseq, újgenerációs szekvenálás és mikroszatellitek elemzése) azonosítottuk őket (al)faji szinten. Minden vizsgálat igazolta, hogy molnárgörény, és nem közönséges görény, vagy a két faj hibridje lakja a kotorékokat. A dél-békési térségből további 22 görényminta lett feldolgozva és genetikai módszerekkel azonosítva; mind molnárgörénynek bizonyultak (a szerzők és DR. SRAMKÓ GÁBOR, valamint SZATMÁRI LAJOS publikálás alatt lévő eredményei).

A felméréshez Ltl Acorn (Ltl5310wa és Ltl8210-B) Bushnell (Aggressor és Trophy Cam), Minox (DTC390) és Bushwhacker (BigEye D3) kamerákat használtunk, amelyek főbb tulajdonságaikban megegyeztek. Hibás kameraműködést az egyébként *full HD*-minőségű videók készítésére is alkalmas Bushwhacker kamerák esetében tapasztaltunk: fájlhiba fordult elő, illetve egy eszköz beázott. A meghibásodott eszközöket cseréltük.

A használt kamerák gyors reakcióidővel rendelkeztek (< 1s) és dátummal, sorszámmal és a kamera azonosítójával feliratozott képeket és videókat készítettek. Beállítás szerint a kamerák 10 másodperces videó-felvétel rögzítése után 20 másodpercig inaktívak voltak minden egyes aktivitás után. Sorozatos felvételeknél csak az 5. perctől elkészített újabb felvételt értelmeztük különálló aktivitási eseménynek. Tehát például, ha a görény 25 percen át a kamera előtt napozott, akkor az csak 5 aktivitási eseményt eredményezett.

A felmérésben használt 6 kamera összesen 24 486 felvételt<sup>1</sup> készített március 22. és szeptember 30. között.

### **Statistikai elemzés**

A vizsgálatokban a két fajra és az egyes évszakokra vonatkoztatva az előfordulások napi adataiból (óra:perc) úgynevezett kernel sűrűség becsléssel számítottuk ki az egyes fajok na-

<sup>1</sup> A válogatott felvételek megtekinthetők a Bükki Emlőstani Kutatócsoport Egyesület, illetve a szerzők Youtube és Facebook csatornáján.

pi aktivitását adó poligonokat. A kernel sűrűség becslés a statisztikában egy nem-paraméteres módszer, amelyben egy valószínűségi változó valószínűségi sűrűségfüggvényét becsüljük meg (SILVERMAN 1986, SCOTT 2015). Az adataink ábrázolásakor a kernel-becslésnél Gauss-eloszlással simított hisztogramokat alkalmaztunk. Az adatok elemzése és grafikai megjelenítése R statisztikai környezetben (R-TEAM 2015) a „camtrapR” (NIEDBALLA et al. 2016), „circstat” (JAMMALAMADAKA & SENGUPTA 2001), „circular” (AGOSTINELLI & LUND 2013), „plotrix” (LEMON 2006) feladatspecifikus csomagjaival történtek.

Az adatainknál becsültük az átfedési együtthatót ( $\Delta 1$ , Dhat1), amely kis mintaszám esetén is kiválóan alkalmazható (RIDOUT & LINKIE 2009; LINKIE & RIDOUT 2011). Ennek az értéke 1 (teljes átfedés) és 0 (átfedés nélkül) közötti érték lehet. Az adatok elemzésénél MONTERROSO et al. (2014) által is alkalmazott küszöbértékkel dolgoztunk a fajok aktivitási ideje közötti átfedések mértékének minőségi osztályozására (azaz  $\Delta 1 \leq 0,66$ , alacsony átfedés;  $0,66 < \Delta 1 < 0,76$ , közepes átfedés;  $\Delta 1 \geq 0,76$ , nagy átfedés). Az egyes fajok aktivitási mintázatainak napi ciklusai GALBRAITH „radial plot” alkalmazásával is megjelenítésre kerültek (GALBRAITH 1988, GALBRAITH 1990). A kör alakú rácsban a kör szögei a napi időt (óra) mutatják, a diagram pedig az időbeli aktivitási mintázatok sűrűségi eloszlását (FISHER 1995). A két faj napi mintázatának megoszlását Watson kétmintás homogenitás teszttel ( $U_2$ ) hasonlítottuk össze (ZAR 1999). A teszt annak a valószínűségét adja meg, hogy a két cirkuláris adatsor származhat-e ugyanabból a populációból.

## Eredmények

A 6 darab kameracsapdával 192 napon át monitoroztuk a kotorékoknál a hörcsög és a molnárgerény aktivitását; a ráfordítás 1152 csapdanap volt. Bár hat kameraállomást üzemeltettünk, ezek közül csak 3-nál volt állandó a molnárgerény jelenléte, tehát az adatok három adult molnárgerény folyamatos megfigyeléséből származnak. A másik 3 kamera lakott hörcsögekotoréknál rögzítette az eseményeket. A kamerákkal megfigyelt búvóhelyeknek nem találtunk több kijáratát egyik faj esetében sem, az állatok a megfigyelt egyetlen nyílást használták. A kotorékok közötti távolságok és átfedő megfigyelési időpontok miatt minimális annak az esélye, hogy ugyanazokat az állatokat figyeltük meg több helyen. A megfigyelések továbbá arra is utalnak, hogy legalább még további kettő molnárgerény példány jelent meg alkalmanként a kameránk előtt, köztük egy GPS-es jeladóval nyakörvezett egyed is. Vagyis a 2 km hosszban vizsgált mezsgyét 4–5 molnárgerény használta, ami kifejezetten magas értéknek tekinthető ahhoz képest, hogy a molnárgerény az ország jelentős részéről eltűnt, vagy egyedsűrűsége a kimutatható küszöb alatt lehet (CSERKÉSZ et al. unpubl.). Egy kotoréknál figyeltük meg molnárgerény kölykök jelenlétét.

### *A vadkamerákkal megfigyelt további állatfajok*

A kamerák tesztelését követően a március és november közötti monitoring időszakban 24 486 felvétel készült, amelyek közül 17 944 felvétel adatait rendeztük adatbázisba. Ezen belül viszonylag magas (7344) azon felvételek száma és aránya (27,6%), amelyen (1) nem azonosítható a kamera előtt elhaladó állat, (2) a kamera aktivitását nem az állatok mozgása

váltotta ki, hanem időjárási körülmények, pl. erős szélmozgás, illetve hibás kameraműködésnek köszönhető. A viszonylag rövid vizsgálati időszak alatt azonban ezen tényezők ellenére is fontos és magas információtartalmú felvételek készültek.

Mivel célirányos felvételezést végtünk, így nem meglepő, hogy – leszámítva az erdei egereket (*Apodemus* sp.) – a célfajokról készült a legtöbb felvétel: 6924 hörcsögről, illetve 1279 molnárgörényről (1. ábra). Színező elemként megjelenik többek között a mogyorós pele (*Muscardinus avellanarius*), valamint a menyét (*Mustela nivalis*), és a nyuszt (*Martes martes*) is. A területről egyébként ismert (helyi vadászok szóbeli közlése) sakájlról (*Canis aureus*) nem készült felvétel és a róka (*Vulpes vulpes*) aránya is elenyésző (a 0,5%-ot sem éri el) (lásd 1. táblázat).



**1. ábra.** Kameracsapdával készült fényképek molnárgörényről és mezei hörcsögről.

**Figure 1.** Images of steppe polecat and common hamster from photographs taken by trail cameras.

### **Szezonális aktivitás**

Az első molnárgörény március 22-én, már a kamerák kihelyezésének napján, az első hörcsög csak kissé később, április 3-án jelent meg a felvételeken. Március végén és április első felében, tehát a felmérés kezdetén a molnárgörényekről nagy mennyiségben készültek felvételek (673), majd április második felében és májusban a számuk mérséklődött (259), illetve a nyár folyamán már csak alkalmi megfigyelések történtek (összesen 70). A hörcsög-felvételek száma áprilisban és májusban tetőzött (2661 és 2578 felvétel), nyárra viszont töredékére esett vissza (összesen 1307), majd a nyár végére újra emelkedett (2. ábra).

**1. táblázat.** Mezőkovácsházán, görény és hörcsögmotoréknál készült felvételeken megfigyelt házi és vadonélő állatok összesített listája a felvételek száma és a relatív gyakoriság szerint rendezve.

**Table 1.** Wildlife and domestic species photographed by trail cameras focused at polecat and hamster burrow entrances in Mezőkovácsháza, Hungary. Percent frequency is the number of photographs of a species divided by the total number of photographs with identifiable animals.

<b>Detektált faj/taxon</b>	<b>Felvételek száma (db)</b> <i>Photos taken</i>	<b>Százalékos arány (%)</b> <i>Percent frequency (%)</i>
mezei hörcsög ( <i>C. cricetus</i> )	6924	65,3
erdeiegér ( <i>Apodemus</i> sp.)	1594	15,0
molnárgörény ( <i>M. eversmanii</i> )	1279	12,1
európai őz ( <i>C. capreolus</i> )	392	3,7
mezei nyúl ( <i>L. europaeus</i> )	151	1,4
madár ( <i>Aves</i> )	131	1,3
borz ( <i>M. meles</i> )	44	0,4
házi macska ( <i>F. catus</i> )	29	0,3
vörös róka ( <i>V. vulpes</i> )	27	0,3
nyuszt ( <i>M. martes</i> )	9	0,1
menyét ( <i>M. nivalis</i> )	6	0,1
cickány ( <i>Soricidae</i> )	6	0,1
pocok ( <i>Microtus</i> sp.)	3	0,0
patkány ( <i>Rattus</i> sp.)	2	0,0
mogyorós pele ( <i>M. avellanarius</i> )	2	0,0
kutya ( <i>C. lupus familiaris</i> )	1	0,0
<b>Σ</b>	<b>10 600</b>	

A 7-es számon nyilvántartott, folyamatosan lakott görénykotoréknak nőstény lakója volt, ami 4 kölyköt nevelt: július 8-án jelentek meg először a kölykök a kotoréknál, de ezután már csak 7 alkalommal figyeltük meg a fiatal egyedeket és anyjukat, ezután feltehetően elköltöztek.

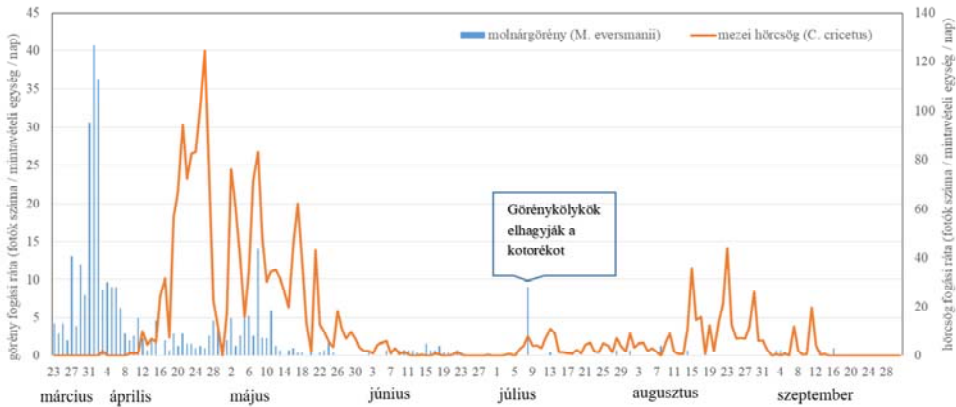
A 8-as számon nyilvántartott, folyamatosan lakott görénykotoréknál június 6-án készült az utolsó felvétel a nőstény görényről, ezután nem jelent meg többet a kamera előtt.

A 99-es ideiglenes görénykotorékot a vizsgálat során egyre kevesebbet használta a hím molnárgörény, majd egyre többet a hörcsögök.

### **Napi aktivitás**

Külön vizsgáltuk a molnárgörény és a hörcsög tavaszi és nyári napi aktivitási mintázatát, majd a két faj adatait együtt elemeztük kernel sűrűség becsléssel. Tavasszal a hörcsög és a molnárgörény is tipikus bimodális aktivitást mutat: napnyugta idején és az éjszaka má-

sodik felében magas aktivitást, míg visszaesését a két csúcspont között, éjjel körül regisztráltuk. A két faj tavaszi aktivitás mintázata a Watson-teszt szerint eltérő ( $U_2=6,67$ ;  $p<0,001$ ), az átfedés közepes mértékű ( $\Delta I=0,66$ ) (3. ábra). Ez annak köszönhető, hogy este a hörcsög aktivitása később, a görény aktivitás csúcspontja után kezdődik, majd hajnalban, a görény második aktivitási csúcspontja előtt, korábban fejeződik be.



**2. ábra.** A molnárgörényről (baloldali y-tengely) és a mezei hörcsögről (jobboldali y-tengely) kameracsapdával rögzített felvételek száma napi felbontásban március és szeptember között.

**Figure 2.** The number of photographs acquired per day on hamster (right y-axis) and polecat (left y-axis) between March and September.

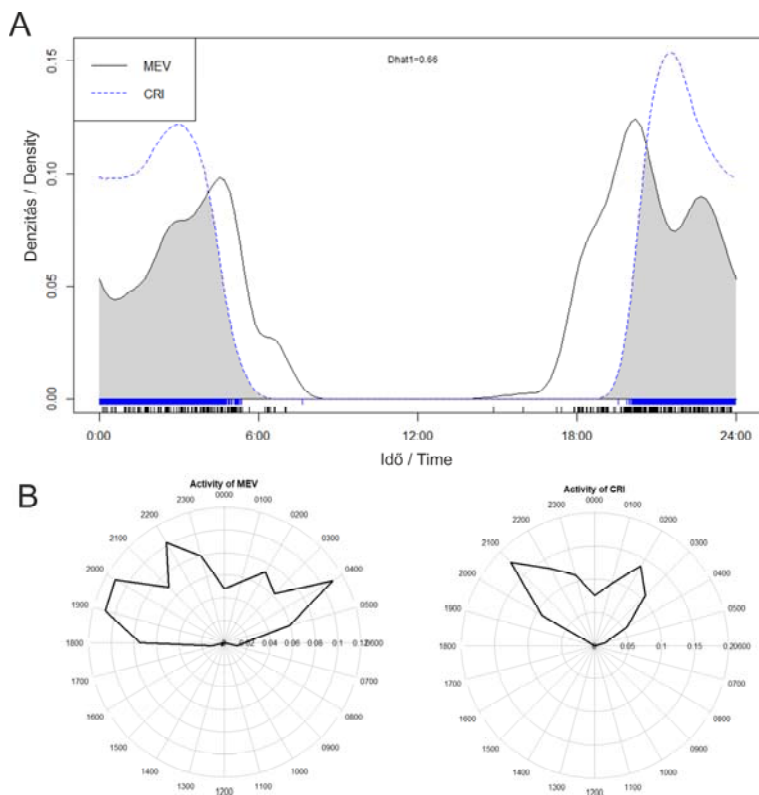
Nyáron a molnárgörény a tavaszhoz hasonló aktivitási mintázatot mutat, de a hörcsögnél – a tavasztól eltérően – folyamatos emelkedés figyelhető meg hajnali 4-ig, majd egy hirtelen visszaesés látható. A két faj aktivitási mintázata ebben az időszakban is eltérő ( $U_2=3,12$ ;  $p<0,001$ ), az átfedés alacsonyabb ( $\Delta I=0,3$ ) (4. ábra). Valószínűleg az alacsony mintanagyság miatt is markánsabb a különbség.

### Zsákmány és ragadozó együttélése

A felvételek kiértékelése lehetővé tette annak meghatározását, hogy a molnárgörény milyen gyakran veszélyezteti a hörcsögöt, azaz mennyi alkalommal hatolt be a hörcsög koterékába.

A 6-os hörcsögekoterékba 12 alkalommal látogatott el molnárgörény, azonban egyszer sem rögzítették a kamerák, hogy hörcsögöt zsákmányolt volna. Hörcsögekoterékot látogató molnárgörény nem hozott fel zsákmányt a koterékből, de több esetben is eltűnt a koteréknál egy korábban rendszeresen megfigyelt fiatal hörcsög a görény látogatását követően. A 6-os koteréknál a molnárgörény távozása után az adult hörcsög egyik esetben 2 perc múlva, míg két másik alkalommal kb. 30 perc elteltével megjelent, így láthatóan egyik alkalommal sem esett áldozatul. Egy esetben a molnárgörény hajnalban jelent meg a hörcsögekoteréknél, és a hörcsög csak aznap este tért vissza az otthonához. A 12-es koterékot kora tavasszal görény

használta, de április 10-én eltűnt. Ezután hörcsög lakott az üregben. Ekkor egy alkalommal látogatta meg molnárgörény a kotorékot, de nem ejtette el a kotorék lakóját.



**3. ábra.** A molnárgörény (MEV) és a hörcsög (CRI) tavaszi, napi aktivitásmintázatának megjelenítése kernel sűrűség becsléssel (A) és kördiagramon (B) kameracsapdákkal gyűjtött adatok alapján. Az átfedési együttható (Dhat1) a két denzitási görbe alatti legkisebb terület (szürkével jelölve az ábrán).

**Figure 3.** Characterization of diel activity patterns from camera-trap data. Kernel density functions (A) and radial plots (B) were used to depict common hamster (CRI) and steppe polecat (MEV) activity sampled via camera trapping during March–May 2019, in Mezőkovácsháza, Hungary. The overlap coefficient (Dhat1) is the area under the minimum of the two density estimates (denoted in grey).

Szintén vizsgáltuk, hogy milyen gyakran jelenik meg a hörcsög a görény állandó kotorékánál, ahol például az ürülékkupacok miatt erős a szaghatás, és milyen gyakran megy le a görény kotorékába. A 99-es kotorékot 2019. májusában folyamatosan molnárgörény használta, ami 83 felvételen került megörökítésre. Ugyanitt, azonos időben 315 felvétel készült hörcsögről, köztük 43 felvétel arról tanúskodik, hogy a hörcsög lemegy a görény kotorékába. A 7-es és 8-as görénykotorékoknál a teljes vizsgálati periódusban 87 alkalommal jelent meg a hörcsög, de csupán 3 alkalommal ment le a kotorékba.





lét tart környezetében, majd gyorsan folytatja az ásást. Csak ritkán hord táplálékot az állandó lakókotorékához. A felvételek 20%-án pihenés, illetve a felvételek 11,5%-án tisztálkodás közben figyeltük meg a görényeket.

## Értékelés

A cikkben bemutatott technikai megoldással most először nyílt lehetőség nem-invazív módon betekintést nyerni a molnárgörény életmódjába, amivel megalapozzuk egy ilyen felmérés módszerét. A módszer továbbfejlesztésével és nagyobb térbeli skálán történő felhasználásával jelenlét/hiány, illetve mennyiségi felméréseket is el lehet majd végezni. A mostani kutatásban magas számban és arányban készültek felvételek molnárgörényről, azonban hiba lenne arra következtetni, hogy az országban, vagy akár csak Békés megye területén véletlenszerűen kihelyezett vadkamerák ilyen mennyiségben készíthetnek felvételt a fajról. A magas esetszám itt a célirányos területválasztás és beállítás eredménye volt, de jelzés értékű, hogy a módszer alkalmas a molnárgörény többcélú kutatására. Más területeken a molnárgörény kimutatása kameracsapdákkal jelentősen hosszabb időt vehet igénybe. Szakirodalmak szerint 1000 csapdaéjszaka szükséges ahhoz, hogy egy ritka ragadozóról nagy biztonsággal kijelenthető legyen, hogy nem fordul elő a vizsgált területen (CARBONE et al. 2001, KELLY & HOLUB 2008).

## *Szezonális aktivitás mintázat*

Vizsgáltuk az egymás közvetlen közelében élő hörcsög és a molnárgörény aktivitási szintjét. Az aktivitási szint (az idő, amit az állat aktívan tölt) egy viselkedésbiológiai és ökológiai mérőszám, a táplálékszerzési, a szaporodás ráfordítás, de egyúttal a predációs veszély indikátora is (ROWCLIFFE et al. 2014). Szabadon élő állatokról általában nehéz erre vonatkozó adatot gyűjteni költséghatékony és nem-invazív módszerrel, ezért a legtöbb fajról hiányosak az ismereteink. Erre a problémára jelent egy viszonylag újfajta megoldást a vadkamerák használata, amellyel költséghatékonyan, az állatok zavarása nélkül lehetséges aktivitási és egyéb adatokat gyűjteni.

Vizsgálatunkban kamerákkal végzett folyamatos megfigyeléssel március és október között gyűjtöttünk aktivitásra vonatkozó adatokat. A vizsgálat októberben zárult, mivel ekkorra az összes megfigyelt görénykotorék lakatlanná vált, illetve a hörcsögök nagy része téli álmra vonult.

A legtöbb európai menyétféle olyan aktivitási ritmust mutat, amely szorosan kapcsolódik a fotoperiódus hosszához, ugyanakkor a meteorológiai vagy élettani tényezők jelentősen befolyásolják ezt a ritmust (SKIRNISSON 1986, RICHARDSON et al. 1987). Ismert például, hogy a menyétfélék csökkentik aktivitásukat hideg időben, vemhesség idején, és fokozzák párzasi időszakban, illetve előfordulhat, hogy az adott mintázat a domináns ragadozók elkerülésére irányul (GERELL 1969, ZIELINSKI et al. 1983). A molnárgörénynél a párzasi időszak döntően márciusra esik (OTTLECH 2010), ami fokozott aktivitással jár, így nem meglepő, hogy ebben a hónapban mértük a legmagasabb aktivitási szintet. Hörcsög esetében szintén hasonló okokra vezethető vissza a fokozott májusi aktivitás. A hörcsög és a molnárgörény megfigyelések száma júniusban drasztikusan visszaesett. Ennek legvaló-

színűbb oka, hogy ekkor a molnárgörények másik kotorékot, vagy búvóhelyet használtak és nem a megfigyeltet. Nyáron már a görény és a hörcsög is többet tartózkodhat a szántóföldek időközben magasra nőtt vetéseiben, itt alakítanak ki új kotorékokat, és nem szorulnak rá a mezsgye nyújtotta fedezékre, de a magas növényzetben az újabb búvóhelyek felkutatására tett kísérleteink eredménytelenül záródtak. A térségben klórfacilon tartalmú rágcsálóirtó szerrel védekeztek a hörcsög és a mezei pocok ellen, így nem zárható ki, hogy akár ennek is köszönhető a megfigyelések számának jelentős nyári visszaesése. A hörcsögök aktivitása őszi felé haladva újra növekedett, majd az utolsó megfigyelés november 6-ra esett.

### ***Napi aktivitás mintázat***

A molnárgörény életmódja kevésbé ismert. A rendelkezésre álló információk (VÁSÁRHELYI 1941, HEPTNER et al. 1967, SZÉKY 1974, WOLSAN 1993, LANSZKI et al. 2007, OTTLE CZ 2010, OTTLE CZ 2014) egy meglehetősen rejtőzködő, éjszakai ragadozót ábrázolnak. Legközelebbi rokonának, a feketelábú görénynek (*Mustela nigripes*) az életmódja jobban ismert. Megfigyelték például, hogy több napot is képes inaktívan eltölteni, minden bizonnyal az időjárás és a táplálékkészlet változásának függvényében (RICHARDSON et al. 1987). A molnárgörény és a feketelábú görény rádió-telemetriai vizsgálatai arra utalnak, hogy a görények aktívabbak fényes éjszaka (telihold alkalmával), mint sötét éjszaka, újhold idején, illetve aktívabbak voltak az éjszaka azon részében, amikor holdfény világított (BIGGINS 2000).

A ragadozók aktivitási mintázata a hatékony zsákmányszerzéshez adaptálódott, míg a zsákmány szerepét betöltő állatok éppen ennek elkerülésére. BAKKER et al. (2005) nyulaknál megfigyelte, hogy aktivitásukat erősen befolyásolja a ragadozó jelenléte; a predációs veszély erősen csökkenti a zsákmány aktivitását és annak mintázata a ragadozó elkerülésére irányul. A zsákmányszerzés is kevesebb ráfordítást igényel, ha a zsákmány aktív, tehát feltételezhetünk egy szinkronizációt a ragadozó és legfontosabb zsákmányának az aktivitása között is. Egyes vizsgálatok szerint a közönséges görény aktivitása például erősen korrelál legfontosabb prédájának aktivitási ritmusával (HERRENSCHMIDT 1982, BLANDFORD 1987, WEBER 1989, LODE 1995). Azonban a molnárgörény és a hörcsög aktivitási szintjében szezonálisan és napi szinten is találtunk eltérést. Az itt bemutatott eredmények szerint a molnárgörény napi aktivitása átfogja a hörcsögét: minden vizsgált szezonban előbb kezdődik a hörcsög aktivitásánál és annál később is ér véget és aktivitási csúcsaik sem estek egybe. Ez egyrészt annak lehet köszönhető, hogy a hörcsög csökkentheti aktivitását a görény fő vadászati ideje alatt, azaz próbál kitérni a ragadozó elől, de a sötét periódusra korlátozódó aktivitással valószínűbb, hogy inkább a nappali ragadozó madarak predációs nyomása elől tud kitérni. Módszertani korlát is vezethetett az aktivitási mintázatok különbségéhez: a kotorékokhoz kihelyezett kamerák csak a kotoréknál látják a görényeket, vadászat közben nem. Valójában sokkal nagyobb mértékben átfedhet a két faj aktivitása, mert a kotoréknál csak akkor látjuk a görényt, amikor nem a hörcsögökre vadászik. Az eredmények pontosításhoz növelni kell a nem görénykotorékhoz kihelyezett kamerák számát. Saját GPS-alapú telemetriás vizsgálataink (CSERKÉSZ et al. 2019) szerint a molnárgörény a mezsgyék helyett legtöbbször a nyílt szántóföldeken vadászik, ahol kameracsapdás megfigyelése jelenleg nem megoldható. A hörcsög és a molnárgörény kapcsolatában az időbeli asszociáció azonban valószínűleg kisebb jelentőségű, hiszen a kis és közepes menyétfélék, tehát a molnár-

görény is, képesek föld alatti kotorékában is követni zsákmányukat (BISCHOF et al. 2014), illetve akkor is kiássák a rácsálókat, amikor azok inaktívak, például télen (ÉHÍK 1928, VÁSÁRHELYI 1941).

### ***Természetvédelmi vonatkozások***

A napi és szezonális aktivitási mintázatok ismerete elengedhetetlen a molnárögörény és a mezei hörcsög viselkedésokológiájának megértéséhez. Viselkedésük és életmódjuk ismerete pedig kritikus jelentőségű e fajok megóvása szempontjából, mivel olyan tényezőket érint, mint a zsákmányszerzés, az élőhelyek használata, az otthon-körzet mérete, az aktivitási mintázatok, illetve nem utolsósorban a populációk interakciói. Kutatásunk tehát fontos új eredményeket hozott, amelyek felhasználhatók a molnárögörény és a mezei hörcsög megőrzését célzó további projektekben is.

Sikeresen demonstráltuk továbbá, hogy csali anyag nélkül beállított rendszerben vadkamerákkal hatékonyan monitorozható szimultán a két faj helyi állománya. A kameracsapdázással kombinált kotorék-térképezéssel sikerült megállapítani, hogy a 2 km hosszban vizsgált mezsgyét 4–5 molnárögörény használja rendszeresen, ami kifejezetten magas értéknek tekinthető. A molnárögörény az agrárterületek élőhely-generalista ragadozója. Elterjedése és populációmérete azonban erősen függ legfontosabb táplálékállatainak elterjedésétől és mennyiségétől. A vizsgált Békés megyei területen több éve tartósan magas egyedszámot ér el a mezei hörcsög populációja, ami a vadászatára specializált ragadozó, a molnárögörény populációméretének a megerősödését eredményezte (CSERKÉSZ et al. unpubl.).

A molnárögörény-populáció szisztematikus mintavételezése vadkamerákkal és a jelölés-visszafogás módszer alkalmazásával általában pontosabb becslést adna a molnárögörény-populáció egyedszámáról. Ez a módszer lehetővé tenné a mérési hiba becslését is egy adott helyszínen, és alkalmazható lenne alacsony és magas denzitású populációk esetében is. Ehhez viszont a molnárögörények egyedi azonosítására lenne szükség a felvételeken. A kamerák detektálási rátája összefüggésbe hozható a célfaj helyi abundanciájával, de az így létrehozott indexek vitatottak (ANDERSON 2001, 2003, ENGEMAN 2003), mert kevés tanulmány foglalkozott a kamera detektálási ráta független egyedsűrűség becslésekhez történő kalibrációjával. Tigris esetében próbálkoztak ezzel (KARANTH 1995), de az eredményeket többen vitatták (CARBONE et al. 2001, JENNELLE et al. 2002), viszont a szumátrai tigris detektálási rátája korrelált az abundanciával (O'BRIEN et al. 2003).

Természetvédelmi szempontból fontos megfigyelés a rókák alacsony száma a molnárögörény élőhelyén, illetve a sakál hiánya a felvételeken (annak ellenére, hogy a helyi vadászok megfigyelései szerint a sakál kis számban jelen van a vizsgált területen). A róka a molnárögörény és más kis, vagy közepes menyétfélék egyik jelentős ragadozója (HEPTNER et al. 1967, BRIGHT 2000 és saját adatok), így a veszettség elleni immunizálásnak köszönhető állományerősödése feltehetően fontos veszélyeztető tényező a molnárögörény populáció számára. Kutyát csak egy alkalommal figyeltek meg a kamerák, annak ellenére, hogy viszonylag közel található lakott település. Mindebből arra következtethetünk, hogy a térségben a molnárögörénynek kevés a versenytársa és természetes ellensége, legalábbis a szörmés ragadozók között. A rókapopuláció alacsony szinten tartása, folyamatos gyérítése hosszú- és rövidtávon is segíti a molnárögörény fennmaradását. A molnárögörény a hörcsög és a me-

zei pocok igen hatékony ragadozója, ezért kímélete mezőgazdasági szempontból is hasznos és kívánatos.

A célfajokról történő adatgyűjtésen túl az állandó ráfordítással üzemeltetett vadkamera hálózat az agrár-ökoszisztéma fajgazdagságának monitorozására is alkalmas. A mostani vizsgálat is olyan, a természetvédelem számára fontos fajokról gyűjtött adatokat, mint a molnárgörény, a hörcsög, vagy a mezei nyúl. A mezőgazdaság intenzifikációjának következtében Európában az elmúlt négy évtized során az agrárterületekhez kötődő számos fajnak drámaian csökkent a tömegessége és elterjedtsége, illetve a táplálékhálózatok komplexitása is csökkent (GREGORY et al. 2005, STORKEY et al. 2012, TSIAFOULI et al. 2015). A nyolcvanas évek eleje óta az Európai Unió közös agrárpolitikájának (CAP) beindításával a korábbi tagállamokban az agrárterületeken megdőböntő mértékű természeti állapotromlás következett be (THOMAS et al. 2004). Békés megye déli része az utolsó fajgazdag európai agrártájak egyike lehet, ezért természeti értékeinek megőrzésére kiemelt figyelmet szükséges fordítani.

**Köszönetnyilvánítás.** A felmérés elkészítését a LIFE IP GRASSLAND-HU (LIFE17 IPE/HU/000018) projekt támogatta. Hálás köszönettel tartozunk a Békési tájegység vadászközösségének, elsősorban BOROS FERENC ZSOLT tájegységi fővadásznak, illetve a Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság munkatársainak, BALOGH-ROTH MELINDÁNAK, BÁNYI PÉTERNEK és CSATHÓ ANDRÁSNAK, amiért hozzájárultak a kutatás gördülékeny kivitelezéséhez. Köszönjük továbbá a kézirat két bírálójának, Dr. HELTAI MIKLÓSNAK és Dr. HORVÁTH GYÖZÖNEK a hasznos tanácsait.

## Irodalomjegyzék

- AGOSTINELLI, C. & LUND, U. (2013): R package “circular”: circular statistics. *R package version 0.4–7*. URL <https://r-forge.r-project.org/projects/circular>.
- ALBERT, M., KOURKGY, C., REINERS, T. & EIDENSCHENCK, J. (2014): We Are Watching You! Detection of Common hamsters (*Cricetus cricetus*) surface activity using wildlife camera traps. In: REINERS, T. & MACLEAN, R. (eds): *21st Annual Meeting of the International Hamster Workgroup*. Senckenberg Research Institute, Frankfurt (a.M.) & Gelnhausen, Germany, pp. 37–38.
- ANDERSON, D. R. (2001): The need to get the basics right in wildlife field studies. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)* 29: 1294–1297.
- ANDERSON, D. R. (2003): Response to Engeman: index values rarely constitute reliable information. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)* 31: 288–291.
- BAKKER, E., REIFFERS, R., OLFF, H. & GLEICHMAN, J. (2005): Experimental manipulation of predation risk and food quality: effect on grazing behaviour in a central-place foraging herbivore. *Oecologia* 146: 157–167. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0180-7>
- BIGGINS, D. (2000): *Predation on black-footed ferrets (Mustela nigripes) and Siberian polecats (M. eversmannii): conservation and evolutionary implications*. Ph.D. dissertation, Colorado State Univ., Biology Department, 185 pp.

- BISCHOF, R., ALI, H., KABIR, M., HAMEED, S. & NAWAZ, M. A. (2014): Being the underdog: an elusive small carnivore uses space with prey and time without enemies. *Journal of Zoology* 293: 40–48. <https://doi.org/10.1111/jzo.12100>
- BLANDFORD, P. (1987): Biology of the polecat *Mustela putorius*: a literature review. *Mammal Review* 17: 155–198. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1987.tb00282.x>
- BRIDGES, A. S. & NOSS, A. J. (2011): Behavior and activity patterns. In: O'CONNELL, A. F., NICHOLS, J. D. & KARANTH, K. U. (eds): *Camera traps in animal ecology*. Springer, pp. 57–69. [https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4_5)
- BRIGHT, P. W. (2000): Lessons from lean beasts: conservation biology of the mustelids. *Mammal Review* 30: 217–226. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2000.00068.x>
- CARBONE, C., CHRISTIE, S., CONFORTI, K., COULSON, T., FRANKLIN, N., GINSBERG, J., GRIFFITHS, M., HOLDEN, J., KAWANISHI, K., KINNAIRD, M., LAIDLAW, R., LYNAM, A., MARTYR, D., O'BRIEN, T., SEIDENSTICKER, J., SUNQUIST, M., TILSON, R. & SHAHRUDDIN, W. (2001): The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation* 4: 75–79. <https://doi.org/10.1017/S1367943001001081>
- CHETRI, M., ODDEN, M., MCCARTHY, T. & WEGGE, P. (2014): First record of Steppe Polecat *Mustela eversmannii* in Nepal. *Small Carnivore Conservation* 51: 79–81.
- CSATHÓ, A. I., CSATHÓ, A. J., SZTANKÓ, M. & VÉGVÁRI, Z. (2016): A mezei hörcsög (*Cricetus cricetus*) populációdinamikájának hosszú távú vizsgálata gépjárművek által elütött példányok felmérésével (1995–2015). In: CSORBA, G., KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, A., NÉMETH, A., SZEPESVÁRY, C., VILI, N. (eds): *X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia: Műhelytalálkozó „Zászlóshajók, karizmák és esernyők: mit tehet az emlőskutatás a természetvédelemért”*. Magyar Biológiai Társaság, Mórahalom, p. 55.
- CSERKÉSZ, T. (2017): A mezei hörcsög aktuális helyzete. In: HOLES, A. (ed.): *Magyarország környezeti állapota 2016*. Herman Ottó Intézet, Budapest, pp. 76–81.
- CSERKÉSZ, T., KISS, C. & OTTLE CZ, B. (2019): *Molnárgörény kutatása Békés megyében GPS-nyakörves telemetriai módszerrel*. Készült a Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság megbízásából. Bükk Emlőstani Kutatócsoport Egyesület, Eger, 20 pp.
- ÉHIK, G. (1928): A mezei görény (*Mustela eversmanni* Less.) hazánkban. *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici* 25: 1–38.
- ELMEROS, M., LASSEN, P., BOSSI, R. & TOPPING, C. J. (2018): Exposure of stone marten (*Martes foina*) and polecat (*Mustela putorius*) to anticoagulant rodenticides: Effects of regulatory restrictions of rodenticide use. *Science of The Total Environment* 612: 1358–1364. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.034>
- ENGEMAN, R. (2003): More on the Need to Get the Basics Right: Population Indices. *Wildlife Society Bulletin* 31: 286–287.
- FEFELOV, I. (2004): Observations on the nesting of Imperial Eagle *Aquila heliaca* in the Kuitun-Zima steppe area, Baikal region, Russia. *Forktail* 20: 145–146.
- FISHER, N. I. (1995): *Statistical analysis of circular data*. Cambridge University Press, 277 pp.
- GALBRAITH, R. F. (1988): Graphical display of estimates having differing standard errors. *Technometrics* 30: 271–281. <https://doi.org/10.1080/00401706.1988.10488400>
- GALBRAITH, R. F. (1990): The radial plot: graphical assessment of spread in ages. *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 17: 207–214. [https://doi.org/10.1016/1359-0189\(90\)90036-W](https://doi.org/10.1016/1359-0189(90)90036-W)
- GERELL, R. (1969): Activity Patterns of the Mink *Mustela vison* Schreber in Southern Sweden. *Oikos* 20: 451–460. <https://doi.org/10.2307/3543208>

- GREGORY, R. D., VAN STRIEN, A., VORISEK, P., GMELIG MEYLING, A. W., NOBLE, D. G., FOPPEN, R. P. B. & GIBBONS, D. W. (2005): Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 269–288. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602>
- HEPTNER, V., NAUMOV, N., YURGENSON, P., SLUDSKY, A., CHIRKOVA, A. & BANNIKOV, A. (1967): *Mammals of the USSR. Sirenia and Carnivora 2*. Vysshaya Shkola, Moscow, 1004 pp.
- HERRENSCHMIDT, V. (1982): Note sur les déplacements et le rythme d'activité d'un putois, *Mustela putorius* L., suivi par radiotracking. *Mammalia* 46: 554–556.
- HORVÁTH, M., SOLTI, B., FATÉR, I., JUHÁSZ, T., HARASZTHY, L., SZITTA, T., BALLÓK, Z. & PÁSZTORY-KOVÁCS, S. (2018): Temporal changes in the diet composition of the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) in Hungary. *Ornis Hungarica* 26: 1–26. <https://doi.org/10.1515/orhu-2018-0001>
- JAMMALAMADAKA, S. R. & SENGUPTA, A. (2001): *Topics in circular statistics*. World Scientific, Singapore, 336 pp. <https://doi.org/10.1142/4031>
- JENNELLE, C. S., RUNGE, M. C. & MACKENZIE, D. I. (2002): The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals: a comment on misleading conclusions. *Animal Conservation Forum* 5: 119–120. <https://doi.org/10.1017/S1367943002002160>
- KARANTH, K. U. (1995): Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation* 71: 333–338. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)00057-W](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00057-W)
- KELLY, M. J. & HOLUB, E. L. (2008): Camera Trapping of Carnivores: Trap Success among Camera Types and across Species, and Habitat Selection by Species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist* 15: 249–262. [https://doi.org/10.1656/1092-6194\(2008\)15\[249:CTOCTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1656/1092-6194(2008)15[249:CTOCTS]2.0.CO;2)
- KIRÁLY, G., MOLNÁR, Z., BÖLÖNI, J., CSIKY, J. & VOJTKÓ, A. (2008): Magyarország földrajzi kistájainak növényzete. *MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót*, 248 pp.
- KRYŠTUFEK, B., VOHRALÍK, V., MEINIG, H. & ZAGORODNYUK, I. (2016): *Cricetus cricetus* (errata version published in 2017). *The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T5529A115073669*. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T5529A22331184.en>
- LANSZKI, J., HELTAI, M. & LEHOCZKY, R. (2007): Molnárgörény (*Mustela eversmanii*). In: BIHARI, Z., CSORBA, G., HELTAI, M. (eds): *Magyarország emlőseinek atlasza*. Kossuth Kiadó, Budapest, Hungary, pp. 230–231.
- LEMON, J. (2006): Plotrix: a package in the red light district of R. *R-news* 6: 8–12.
- LINKIE, M. & RIDOUT, M. S. (2011): Assessing tiger–prey interactions in Sumatran rainforests. *Journal of Zoology* 284: 224–229. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00801.x>
- LODE, T. (1995): Activity Pattern of Polecats *Mustela putorius* L. in Relation to Food Habits and Prey Activity. *Ethology* 100: 295–308. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1995.tb00334.x>
- MARAN, T., SKUMATOV, D., ABRAMOV, A. & KRANZ, A. (2016): *Mustela eversmanii*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T29679A45203762*.
- MEYBURG, B. & KIRWAN, G. (2020): Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*). In: DEL HOYO, J., ELLIOTT, A., SARGATAL, J., CHRISTIE, D.A. & DE JUANA, E. (eds): *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain, pp. 194–195, plate 20. <https://doi.org/10.2173/bow.impeag1.01>
- MONTERROSO, P., ALVES, P. C. & FERRERAS, P. (2014): Plasticity in circadian activity patterns of mesocarnivores in Southwestern Europe: implications for species coexistence. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 68: 1403–1417. <https://doi.org/10.1007/s00265-014-1748-1>

- NIEBALLA, J., SOLLMANN, R., COURTIOL, A. & WILTING, A. (2016): camtrapR: an R package for efficient camera trap data management. *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1457–1462. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12600>
- O'BRIEN, T. G., KINNAIRD, M. F. & WIBISONO, H. T. (2003): Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* 6(2): 131–139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- O'CONNELL, A. F., NICHOLS, J. D. & KARANTH, K. U. (2010): *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*. Springer, Tokyo, 271 pp. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4>
- OTTLE CZ, B. (2010): Egy ismeretlen menyétféle: a molnárgörény. In: HELTAI, M. (ed.): *Emlősragadozók Magyarországon*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 155–163.
- OTTLE CZ, B. (2014): Molnárgörény *Mustela eversmanii* Lesson, 1827. In: HARASZTHY, L. (ed.): *Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon*. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, pp. 709–711.
- OTTLE CZ, B., CSATHÓ, A., SRAMKÓ, G. & CSERKÉSZ, T. (2019): *Ismerjük meg a titokzatos molnárgörényt*. Bükk Emlőstani Kutatócsoport Egyesület, Eger, 8 pp.
- R-TEAM (2015): RStudio: integrated development for R. *RStudio, Inc., Boston, MA URL* <http://www.rstudio.com> 42: 14.
- RICHARDSON, L., CLARK, T. W., FORREST, S. C. & CAMPBELL III, T. M. (1987): Winter ecology of black-footed ferrets (*Mustela nigripes*) at Meeteetse, Wyoming. *American Midland Naturalist* 117(2): 225–239. <https://doi.org/10.2307/2425964>
- RIDOUT, M. S. & LINKIE, M. (2009): Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 14: 322–337. <https://doi.org/10.1198/jabes.2009.08038>
- RÓNAI, A. (1983): A Körös-medence földtörténete a negyedkorban. *Földtani Közöny* 113: 1–25.
- ROVERO, F. & ZIMMERMANN, F. (2016): *Camera trapping for wildlife research*. Pelagic Publishing Ltd, Exeter, UK, 320 pp.
- ROWCLIFFE, J. M., KAYS, R., KRANSTAUBER, B., CARBONE, C. & JANSEN, P. A. (2014): Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1170–1179. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12278>
- SCOTT, D. W. (2015): *Multivariate density estimation: theory, practice, and visualization*. John Wiley & Sons, 336 pp. <https://doi.org/10.1002/9781118575574>
- SILVERMAN, B. W. (1986): *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Taylor & Francis, New York, 176 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-3324-9>
- SKIRNISSON, K. (1986): Untersuchungen zum Raum-Zeit System freilebender Steinmarder (*Martes foina* Erxleben, 1777). *Beitr. Wildbiol.* 6: 1–200.
- STORKEY, J., MEYER, S., STILL, K. S. & LEUSCHNER, C. (2012): The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 1421–1429. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1686>
- SÜMEGHY, J. (1944): *A Tiszántúl. Magyar tájak földtani leírása VI*. Földt. Int. Ny.: M. Kir. Honv. Térk. Int., 208 pp.
- SZÉKY, P. (1974): Adatok a magyarországi mezei görény (*Putorius eversmanni hungarica* Éhik) biológiájához. In: SOÓS, P., MANCZEL, J. & STEFANOVITS, P. (eds): *Gödöllői Agrártudományi Egyetem Közleményei*. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, pp. 45–61.



- THOMAS, J. A., TELFER, M. G., ROY, D. B., PRESTON, C. D., GREENWOOD, J., ASHER, J., FOX, R., CLARKE, R. T. & LAWTON, J. H. (2004): Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879–1881. <https://doi.org/10.1126/science.1095046>
- TIKHONOV, A., CAVALLINI, P., MARAN, T., KRANZ, A., STUBBE, M., KRYŠTUFEK, B., ABRAMOV, A. & WOZENCRAFT, W. C. (2007): *Mustela eversmanni*. Scope of Assessment: Europe. *The IUCN Red List of Threatened Species 2007* e.T29679A9525197.
- TSIAFOULI, M. A., THÉBAULT, E., SGARDELIS, S. P., DE RUITER, P. C., VAN DER PUTTEN, W. H., BIRKHOFFER, K., HEMERIK, L., DE VRIES, F. T., BARDGETT, R. D., BRADY, M. V., BJORNLUND, L., JØRGENSEN, H. B., CHRISTENSEN, S., HERTEFELDT, T. D., HOTES, S., GERA HOL, W. H., FROUZ, J., LIHRI, M., MORTIMER, S. R., SETÁLA, H., TZANOPOULOS, J., UTESENY, K., PIŽL, V., STARY, J., WOLTERS, V. & HEDLUND, K. (2015): Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973–985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
- VÁSÁRHELYI, I. (1941): Adatok a mezei görény életmódjához. *Vadászújság* 1: 41.
- VILLEMÉY, A., BESNARD, A., GRANDADAM, J. & EIDENSCHENCK, J. (2013): Testing restocking methods for an endangered species: Effects of predator exclusion and vegetation cover on common hamster (*Cricetus cricetus*) survival and reproduction. *Biological Conservation* 158: 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.08.007>
- WEBER, D. (1989): Beobachtungen zu Aktivität und Raumnutzung beim Iltis (*Mustela putorius* L.). *Rev. suisse zool* 96: 841–862. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.117775>
- WEINHOLD, U. (2008): Draft European action plan for the conservation of the common hamster (*Cricetus cricetus* L., 1758). *Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, Standing Committee*. Council of Europe, Strasbourg, France, pp. 1–36.
- WOLSAN, M. (1993): *Mustela eversmanni* Lesson, 1827—Steppeniltis In: NEITHAMMER, J., KRAPP, F. (eds): *Handbuch der Säugetiere Europas*. Aula-Verlag, Wiesbaden, pp. 770–816.
- ZAR, J. H. (1999): *Biostatistical analysis*, 4th ed. Prentice Hall, 929 pp.
- ZIELINSKI, W. J., SPENCER, W. D. & BARRETT, R. H. (1983): Relationship between Food Habits and Activity Patterns of Pine Martens. *Journal of Mammalogy* 64: 387–396. <https://doi.org/10.2307/1380351>

## Coexistence of prey and predator in agricultural land: diel and seasonal activity patterns of common hamster (*Cricetus cricetus*) and steppe polecat (*Mustela eversmanii*) at burrows

TAMÁS CSERKÉSZ<sup>1\*</sup>, CSABA KISS<sup>2</sup> & BARNABÁS OTTLE CZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hungarian Natural History Museum, Department of Zoology, Baross u. 13. H-1088 Budapest, Hungary

<sup>2</sup>Bükk Mammalogical Society, Maklári út 77/A H-3300 Eger, Hungary

\*E-mail: [cserkesz.tamas@nhmus.hu](mailto:cserkesz.tamas@nhmus.hu)

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) 105(1–2): 95–113.

**Abstract.** The spring and summer activity patterns of the Common hamster and its specialized predator, the Steppe polecat were investigated using camera traps in a 2 km long section of baulk surrounded by ploughlands in the southern part of Békés County, Hungary. No similar study on steppe polecats has been conducted yet, so we present several completely novel results. At least 4–5 polecats occupied this section of baulk during the study period, which is considered to be an exceptionally high density. The hamster is also common here, even though it is subjected to eradication campaigns. Seasonal activity peaked in spring for both species, which may be due to the mating season. In spring, the daily activity of hamsters and polecats overlapped more than in summer ( $\Delta I=0.66$  in spring,  $\Delta I=0.3$  in summer). The beginning of the polecats' active period was ahead of the hamster's activity in both seasons and ended later, so it covered the whole active phase of the prey. In summer, fewer observations were recorded, probably due to the fact that arable fields covered by taller vegetation were increasingly used by both species, and they did not rely on the shelter provided by the baulk. In summer, the polecat activity retained its bimodal character, whereas the hamster showed a 'complementary' unimodal pattern, presumably aimed to avoid the predators. The Red fox, a significant predator of both hamsters and polecats, has been registered as a rare visitor in the study area due to active hunting. The low number of red foxes may contribute to the survival of the viable steppe polecat population in Békés County.

**Keywords:** trail camera, kernel density analysis, endangered species.

**Accepted:** 13.04.2020

**Published online:** 08.05.2020



## Mit tudunk a pókok (Araneae) cirkadián ritmusairól? – Ökológiai vonatkozások, vizsgálati módszerek és adatelemzési eljárások

MEZÓFILÁSZLÓ

Növényvédelmi Intézet, Szent István Egyetem, 1118 Budapest, Ménesi út 44.  
E-mail: mezofilaszlo@gmail.com

**Összefoglalás.** Kronobiológiai áttekintésünkben bevezetjük az olvasót a biológiai ritmusok kutatásának rejtelmibe. Munkánkban először a tudományterület fontosabb szabályait és szakkifejezéseit (*terminus technikus-ait*) ismertetjük, majd az élőlények különböző napszakokhoz történő alkalmazkodásának ökológiai jelentőségét és változatait tárgyaljuk. Ezután részletesebben bemutatjuk, hogy mit tudunk a pókok (Araneae) aktivitási ritmusairól és napszakos aktivitásáról, illetve, a csoport példám keresztül azt is, hogy ezek a ritmusok milyen módszerekkel vizsgálhatók laboratóriumban és szabadföldön. Végezetül, alapozó jelleggel végigvesszük, hogy milyen módszerek/adatelemzési eljárások alkalmasak a különböző biológiai ritmusok értékelésére.

**Kulcsszavak:** napszakos aktivitás, lokomotoros aktivitás, kronobiológia, pókok, aktivitási típusok.

**Elfogadva:** 2020.06.13.

**Elektronikusan megjelent:** 2020.06.25.

### Bevezetés

#### *Kronobiológia*

A fiziológiai folyamatokban illetve a viselkedésben végbemenő változások általában ciklikusan, egyfajta ritmust követve zajlanak. Ez a pókokra nézve ugyanúgy igaz, mint minden más állatra nézve (CLOUDSLEY-THOMPSON 1987, WATTS et al. 2015). A hozzávetőleg 24 órás periódusú ritmusokat, melyeket egy úgynevezett belső „óra” – mely egyfajta hipotetikus mechanizmus az agyban, vagy egyéb szervben – vezérel, cirkadián (azaz napi) ritmusoknak nevezzük (PITTENDRIGH 1960, MILLS 1973). A napi ritmusok mellett megkülönböztetünk még ultradián (24 óránál rövidebb periódusidővel rendelkező, például tidális, azaz ár-ápály ritmus) és infradián (egy napnál hosszabb periódusidővel rendelkező, például lunáris vagy annuális) ritmusokat is (ASCHOFF 1981). Az ízeltlábúak esetében a biológiai ritmusok megnyilvánulnak például a lokomotoros (mozgási) aktivitásukban, de befolyással vannak a táplálkozásra, légzésre, kiválasztásra és a reprodukciós tevékenységre egyaránt. A ritmus tetten érhető úgy a lárvánknál, mint a kifejlett alakoknál, befolyással van a vedlés, vagy a bábból való kikelés időpontjára is. A ritmusok biztosítják, hogy az állat bizonyos életfunkcióit a nap (vagy év) arra leginkább megfelelő időszakában végezze el (HARKER 1973, SAUNDERS 2002, DANKS 2003, LAZZARI & INSAUSTI 2008).

A legtöbb biológiai ritmus egy erős endogén komponenssel rendelkezik, mely kifejeződését változó mértékben befolyásolja a környezet (exogén) hatása (ASCHOFF 1989, LAZZARI & INSAUSTI 2008). A ritmusokat általában a belső óra vezérli – mely óra molekuláris mechanizmusai mostanra viszonylag jól feltártak (például KO & TAKAHASHI 2006) –, amit sokszor exogén szinkronizáló stimulusok hangolnak finomra. Ezeket a stimulusokat *Zeitgeber*-nek (szabad fordításban „időzítő”) is szokták nevezni. A szinkronizáló stimulusok általában 24 órás (ún. *nychthemeral*) ritmusú külső tényezők, mint például a fény és a sötétség konzisztens oszcillációja (MILLS 1973). A ritmusok szinkronizációjában egyéb tényezők is szerepet játszhatnak (MROSOVSKY 1996, STEPHAN 2002). Vízhez közeli életmódú ízeltlábúak esetében például az árapály változása is lehet szinkronizáló tényező, illetve közvetlen kiváltója egyes tevékenységeknek (GOTO & TAKEKATA 2015, SAKURA & NUMATA 2017). Fontos itt megjegyezni, hogy a tapasztalt ritmusra alapvetően kétféle úton hathatnak az exogén tényezők. A belső óra beállításához idő kell, azt nem lehet beállítani vagy elállítani egyszeri vagy esetleges stimulusokkal, sőt, az óra sokszor csak a nap bizonyos szakaszaiban fogékony a beállításra. Normális körülmények között a rendszeresen ismétlődő környezeti ingerek megfelelően állítják be a belső órát, így az biztosítja a megfigyelt ritmus pontos működését. Ez a belső óra (vagy ritmus) szinkronizációja (*entrainment*) (MINORS & WATERHOUSE 1986). Az exogén stimulusok közvetlenül is hathatnak a ritmusra, ezt nevezik „maszkolásnak” (*masking*, azaz elfedik a belső óra szabályozó hatását). Ez a közvetlen hatás lehet például pozitív (*positive masking*) vagy negatív (*negative masking*). Előbbi esetben az aktivitás növekszik a megvilágítás növekedésével a nappali állatoknál, vagy a megvilágítás csökkenésével az éjszakai állatoknál. Negatív hatásról akkor beszélünk, ha az aktivitás csökken a megvilágítás csökkenésével a nappali állatoknál, vagy a megvilágítás növekedésével az éjszakai állatoknál (MROSOVSKY 1999).

A jól szinkronizált endogén ritmusok segítik az állatokat abban, hogy a különböző környezeti paraméterek periodikus váltakozására ne csupán reaktívan válaszoljanak, hanem előrelátóan, úgynevezett proaktív módon is, ugyanis így képesek a környezet változását – például napkeltét vagy napnyugtát – „előre érzékelni” és bizonyos funkciókat még a változás előtt végrehajtani (JONES et al. 2011, 2018). A napon belüli megvilágítás, vagyis a fotoperiódus hossza (LD, vagyis light/dark arány) meghatározó jelentőségű számos ízeltlábú számára. A nappalhossz növekedését vagy csökkenését az ízeltlábúak ritmusai is követik, sőt, például ősszel a nappalhossz rövidülése váltja ki számos ízeltlábúból a diapauzát, vagyis ez az inger ösztönzi őket a nyugalmi állapotba vonulásra, így csökkentve a téli mortalitást (LAZZARI & INSAUSTI 2008, SAUNDERS 2002, 2012). Ezzel összefüggésben, egyes mérsékelt övi pókfajok is lelassítják vagy felfüggesztik bizonyos élettevékenységeiket. Juvenilis egyedeik rövidnappalos körülmények között még megfelelő hőmérséklet és zsákmányellátottság esetén is csak később, vagy akár egyáltalán nem vedlenek (KISS & SAMU 2002, VETTER et al. 2017).

A fény szabályozó hatása nélkül az endogén cirkadián periódus hossza szintén különbözhet attól függően, hogy az élőlény konstans sötétségben (DD, dark/dark) vagy éppen fényben (LL, light/light) van. Az adott ritmus periódusideje hosszabbodhat, vagy rövidülhet, esetleg a ritmus csak bizonyos körülmények között marad detektálható. Sőt, a periódus idejére a megvilágítási idő mellett a fény intenzitásának is közvetlen hatása lehet (KOUKKARI & SOTHERN 2006). Az utóbb említett körülményekre vonatkozó általános szabályokat, – melyek alól ma már számos kivételt ismerünk – a kronobiológia tudományterü-

let egyik atyjának tartott, JÜRGEN ASCHOFF német orvos és biológus munkássága nyomán fogalmazták meg (ASCHOFF 1960, 1979, BEAULÉ 2009). A szabályrendszer a következő:

Konstans körülmények között (DD, LL) az endogén cirkadián periódus mindig megcsúszik, úgynevezett „szabadon futó” (*free-running*) lesz. A csúszás mértékére és irányára vonatkozó szabályok pedig a következők:

– Aschoff első szabálya: LL-ben a periódusidő a nappali állatok esetében lerövidül, míg éjszakai állatok esetében meghosszabbodik. Az LL hatása egyben intenzitásfüggő is, mivel a fényesebb megvilágítás fokozza a hatást.

– Aschoff második szabálya (más néven cirkadián szabály): LL-ben a nappali állatoknál a fényintenzitás fokozására az aktivitás ideje növekszik a nyugalmi időhöz képest, míg az éjszakai állatok esetében fényintenzitás fokozására az ébrenlét/alvás arány csökken.

– Aschoff harmadik szabálya: DD-ben a szabadon futó periódus a nappali állatok esetében 24 óránál hosszabb, míg az éjszakai állatok esetében 24 óránál rövidebb lesz.

### Célkitűzés

Jelen dolgozat célkitűzései a következők: (1) megismertetni az olvasóval a kronobiológia tudományterületének fontosabb szabályszerűségeit; (2) tisztázni az egyes szakkifejezések jelentését; (3) bemutatni az élőlények típusait a különböző napszakokhoz történő alkalmazkodásuk szempontjából; (4) összefoglalni a pókok napszakos aktivitásáról és biológiai ritmusairól eddig felgyűlt ismeretanyagot; (5) ismertetni az aktivitási ritmusok vizsgálatára alkalmas különböző laboratóriumi és szabadföldi módszereket; (6) áttekintést adni a biológiai ritmusok értékelésére alkalmas fontosabb adatelemzési eljárásokról; és végezetül (7) megfogalmazni a pókok biológiai ritmusaival kapcsolatos megválaszolandó kérdéseket és új kutatási irányokat.

### A napszakos aktivitás jellemzői

Ökológiai szempontból fontos kérdés, hogy egy élőlénynek milyen a napi aktivitási ritmusa. A különböző temporális (időbeli) nichekhez való adaptáció alapvetően meghatározza, hogy az adott élőlény számára milyen források lesznek elérhetőek, illetve, hogy milyen ragadozókkal vagy kompetitorokkal találkozhat (SIH et al. 2000, KRONFELD-SCHOR & DAYAN 2003, WELCH & HARWOOD 2014, XIMENEZ-EMBUN et al. 2014). Például a *Micaria sociabilis* (Araneae: Gnaphosidae) hangyautánzó pókfaj nappali aktivitású, mint az utánzott fajok, annak ellenére, hogy a pók közeli rokonai mind éjszaka aktívak. Habár a pók nem hangyákkal táplálkozik, a velük való együttes előfordulása úgy tűnik, hogy defenzív adaptív előnyt biztosít (például védelmet a hangyákat kerülő ragadozóktól) a pók számára (PEKÁR & JARAB 2011).

A napi ritmusuk (*diel rhythm*) vagy napszakos aktivitásuk szerint a következők lehetnek az élőlények: Az éjszakai (*nocturnal* – noktürnális) fajok a szkotofázisban, azaz sötétségben, éjszaka aktívak, míg a nappali (*diurnal* – diurnális) fajok a fotofázisban, azaz nappal aktívak (MILLS 1973). Ha az aktivitás csak a hajnali szürkülethez köthető, akkor azt *matutinal* (az entomológiában jellemzően *matinal*), ha csak az alkonyati szürkülethez, ak-

kor azt *vespertine* aktivitásnak hívjuk. Azok a fajok, melyek egyszerre mutatnak *matutinal* és *vespertine* aktivitást, – vagyis a hajnali és alkonyati szürkületben egyaránt aktívak – krepuszkuláris (*crepuscular*) aktivitásúak, de szimplán csak a hajnali, vagy csak az alkonyati szürkületi aktivitást is szokták az utóbbi kifejezéssel illetni (WCISLO & TIERNEY 2009, BATISTA et al. 2011, REFINETTI 2016). Az olyan fajokat, melyeknél az aktivitás hozzávetőleg egyenletesen oszlik el a nap 24 órájában, vagy napszakhoz nem köthetően szórványosan, illetve szabálytalan időközönként aktívak, katemerális (*catheemeral* vagy *around-the-clock activity*) aktivitásúnak nevezzük (TATTERSALL 1987). Utóbbi állatokra jellemző a gyenge, illetve nehezen megfigyelhető cirkadián ritmus, tevékenységüket esetleg csak ultradián ritmusok alakítják, vagy teljesen aritmikusak (BLOCH et al. 2013).

Az állatok aktivitási ritmusának leggyakoribb hullámformája általában kétsúcúsú (vagyis bimodális), ami azt jelenti, hogy a hajnali és az alkonyati fokozott aktivitás meglehetősen gyakori (ASCHOFF 1966, REFINETTI 2016). Így bizonyos értelemben elmondható, hogy a nappali állatok a napkelte és napnyugtai csúcsok között is aktívak, míg az éjszakai állatok a napnyugtai és napkelte csúcsok között (REFINETTI 2016). Gyakori, hogy az ilyen kétsúcúsú aktivitási görbét mutató állatok esetében a nappali állatoknál az aktivitási csúcsok közvetlenül a virradat után, illetve az alkonyat előtt jelennek meg. Számos éjszakai állat esetében viszont az aktivitási görbe maximumai a napnyugtát követően és a napkeltét megelőzően mutatkoznak. Ezeket a kétsúcúsú aktivitási mintázatokat eokrepuszkuláris aktivitásnak (*eoepuscular*) is nevezik (PITTENDRIGH 1981). A tisztán krepuszkuláris állatok azok, amelyek a napkelte és/vagy napnyugtai aktivitásuk melletti esetleges aktivitásukkal nem tüntetik ki egyértelműen sem az éjszakát vagy a nappalt, az következetlenül oszlik el a két napszak között (REFINETTI 2016).

Megjegyzendő, hogy még az olyan fajok esetén is, melyeket egyértelműen nappalinak vagy éjszakai tartanak, egyes egyedek a többi egyedtől eltérően teljesen más aktivitást mutathatnak. Sőt, bizonyos környezeti körülmények (például évszak vagy extrém hőmérsékleti viszonyok) és ökológiai szituációk (például ragadozó-, vagy versenytársjelenlét) hatására egyes fajok egyedeinél (vagy populációinál) megváltozhat az aktivitási mintázat, viselkedhetnek akár nappaliként, akár éjszakai állatként is (KRONFELD-SCHOR & DAYAN 2003, HUT et al. 2011, 2012, REFINETTI 2016). Mivel a ritmus szinkronizációjának szempontjából a fény hatása általában meghatározó, ezért a fotoperiódus hosszának változásával változhat az aktivitási mintázat (HOPE & JONES 2013, ENSING et al. 2014). Az évszakai hatásokra egy szélsőséges példa a sebes pisztráng (*Salmo trutta*, Salmoniformes: Salmonidae) Arktikus régióban mutatott aktivitási mintázata. A faj aktivitása határozottan bimodális, egy virradatot és egy napnyugtát követő csúccsal, azonban a tél közepén az aktivitási mintázat mégis unimodális és nappali, míg a nyár közepén szintén unimodális, de éjszakai lesz. Mindez a fotoperiódus hosszának drasztikus változására vezethető vissza (PITTENDRIGH 1981).

Tehát a cirkadián ritmusok egyes fajok esetén különbözőek a specifikus adaptációból adódóan, mely a különböző források kiaknázására, vagy épp a kedvezőtlen feltételek és predátorok elkerülésére irányul. Unimodális és bimodális aktivitási eloszlások egyaránt megfigyelhetők mind az éjszakai, mind a nappali fajoknál (LAZZARI & INSAUSTI 2008).



**1. ábra.** *Anyphaena accentuata* (Anyphaenidae) *Operophtera brumata* (Geometridae) imágót zsákmányol. Mindkét faj a naplemente utáni órákban a legaktívabb. (Fotó: KORÁNYI DÁVID)

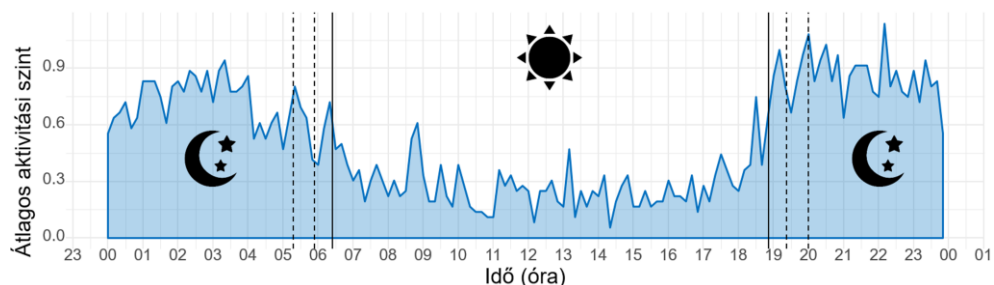
**Figure 1.** *Anyphaena accentuata* (Anyphaenidae) preying on an *Operophtera brumata* (Geometridae) adult. Both species are most active after sunset. (Photo by DÁVID KORÁNYI)

### A pókok napszakos aktivitása

Mivel a pókok általában azt a zsákmányt ejtik el, mellyel az aktív periódusukban találkoznak (MALONEY et al. 2003), ezért a pókok napszak szerinti aktivitása fontos predációt meghatározó tényező (1. ábra). A napszakos aktivitás, és az aktivitási mintázat potenciálisan befolyásolhatja az adott faj zsákmányspektrumának összetételét, így például mezőgazdasági területeken azt is, hogy milyen kártevő, vagy kártevők gyérítésében lehet egy konkrét fajnak aktív szerepe (MORSE 1981, HERBERSTEIN & ELGAR 1994, MARC et al. 1999, TIETJEN & CADY 2007). A pókok többsége éjszaka aktív (CLOUDSLEY-THOMPSON 2000, FOELIX 2011, 2. ábra), egy hipotézis szerint részben azért, mert ilyenkor jóval kisebb a madarak és egyéb ragadozók predációs nyomása (FOELIX 2011, MESTRE et al. 2013). A nappali fajoknak nem csak számos ragadozóhoz, de az UV sugárzásához is alkalmazkodniuk kellett, így a nappal aktív hálószővő fajok pókselyme ellenállóbb az UV sugarakkal szemben, mint az éjszakaiaké (OSAKI & OSAKI 2011). Nappali aktivitású fajokat elsősorban az ugrópókok (Salticidae) (3.a ábra), hiúzpókok (Oxyopidae), karolópókok (Thomisidae) és farkaspókok (Lycosidae) családjaiban találhatunk (FOELIX 2011). Emellett vannak olyan fajok is (például *Avicularia avicularia*: Theraphosidae), melyek bimodális szürkületi aktivi-



tást mutatnak, azaz krepuszkuláris aktivitásúak (CLOUDSLEY-THOMPSON 1987). Egyes fajok (például *Aphonopelma* sp.: Theraphosidae; *Geolycosa domifex*: Lycosidae) jellemzően inkább inaktívak és nem figyelhető meg náluk jelentős lokomotoros aktivitási ritmus, vagy épp a nap 24 órájában bármikor aktívak lehetnek (például *Philodromus cespitum*: Philodromidae), azaz katemerális aktivitásúak (CLOUDSLEY-THOMPSON 1981, MCQUEEN & CULIK 1981, MEZŐFI et al. 2019) (3.b ábra). SORIANO-MORALES et al. (2013) mexikói barlangokban teljes sötétségben élő fajokat (*Euagrus luteus*: Dipluridae; *Ctenus mitchelli*: Ctenidae) vizsgálva megállapították, hogy ezek a fajok is rendelkeznek egyfajta „szabadon futó” cirkadián lokomotoros aktivitási ritmussal. A periódus konstans sötétségben (DD)  $25,18 \pm 0,75$  óra hosszúságú, míg az egyedeket LD (12:12) körülmények közé helyezve a ciklus  $24,12 \pm 0,29$  óra hosszúságúra rövidült a fény szabályozó hatása révén. A fény – mint elsődleges külső szinkronizáló – közvetlen szabályozó hatására (*masking*) jó példa a *Metepeira incrassata* (Araneidae) szociális pókfaj teljes napfogyatkozás alatt mutatott viselkedése. Az egyedek normális esetben reggel építik a hálójukat és este, sötétedéskor elbontják azt. A napfogyatkozás alatt a pókok többsége elkezdte lebontani a hálóját, majd miután kivilágosodott, a pókok megjavították a fogóhálót és folytatták nappali tevékenységüket (UETZ et al. 1994). Számos keresztespókféle kifejezetten csak éjszaka aktív (JONES et al. 2018). Például a *Larinia* fajok (Araneidae) egyedei a nap folyamán rejtőzködnek, majd szigorúan csak napnyugta után készítik el fogóhálójukat, melyet még a napkelte előtt lebontanak, így teljesen láthatatlannak maradva a nappali ragadozók számára. Éjszaka, ha mesterséges fényvel világítjuk meg a pókokat, rövid időn belül elkezdik a háló lebontását, majd a búvóhely keresését (SZINETÁR 2000, SZINETÁR & EICHARDT 2004).

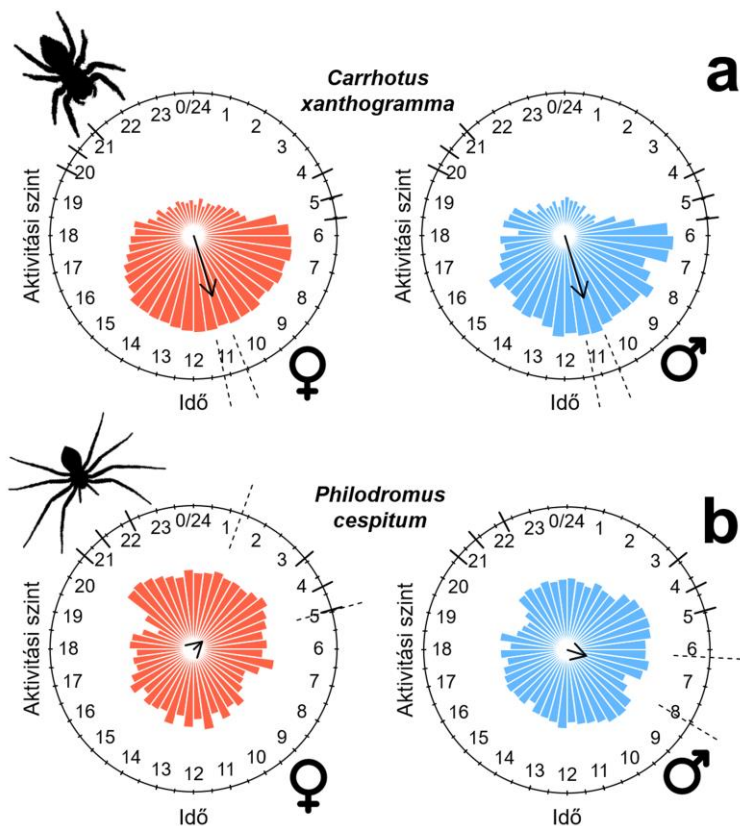


**2. ábra.** Egy éjszaka aktív pókfaj, a *Cheiracanthium mildei* (Cheiracanthiidae) egyedeinek (N = 12) aktivitási profilja (3 nap átlaga). A függőleges vonalak a különböző szürkületi periódusokat jelzik, melyek a következők: navigációs szürkület kezdete, polgári szürkület kezdete, napkelte, napnyugta, polgári szürkület vége, navigációs szürkület vége. (Forrás: MEZŐFI L., nem publikált adatok)

**Figure 2.** Activity profile (average of three days) of individuals (N = 12) of a nocturnal spider, *Cheiracanthium mildei* (Cheiracanthiidae). The vertical lines indicate the different twilight periods as follow: nautical dawn, civil dawn, sunrise, sunset, civil dusk and nautical dusk. (Source: MEZŐFI L., unpublished data)

A pókok között egyaránt találhatunk negatív- (például éjszakai fajoknál) és pozitív fototaxisú (például nappali fajoknál) taxonokat (NAKAMURA & YAMASHITA 1997). Azonban nem a fototaxis dönti el, hogy az adott faj nappali, vagy éjszakai lesz-e. A *Larinioides*

*sclopetarius* (Araneidae) keresztespókfaj bár éjszaka aktív, fogóhálóját a *Larinia* fajokkal ellentétben, ha teheti, fényforrások közelében készíti el. Az, hogy a mesterséges éjszakai megvilágítás nem zavarja, lehetővé tette a faj számára, hogy a nappali ragadozókat elkerülve használja ki a pozitív fototaxist mutató rovartáplálékot (HEILING & HERBERSTEIN 1998, HEILING 1999).



**3. ábra.** *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) (a) és *Philodromus cespitum* (Philodromidae) (b) nőstények (baloldalt, N = 10 és 11) és hímek (jobboldalt, N = 10 és 9) aktivitási mintázata (3 nap átlaga). Középen a nyíl jelzi az átlagos aktivitási csúcst, hossza az átlagos rezultáns hosszának felel meg. Az aktivitási szint gyök transzformáltját 30 perces felbontásban ábrázoltuk. A szaggatott vonalak jelzik az átlagos aktivitási csúcs 95%-os konfidencia intervallumát. A hat rövidebb vonal a különböző szürkületi periódusokat jelzi, melyek a következők: navigációs szürkület kezdete, polgári szürkület kezdete, napkelte, napnyugta, polgári szürkület vége, navigációs szürkület vége.

(Forrás: MEZŐFI et al. 2019)

**Figure 3.** The activity pattern (average of three days) of *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) (a) and *Philodromus cespitum* (Philodromidae) (b) females (left, N = 10 and 11) and males (right, N = 10 and 9). The mean activity peak (circular mean) is indicated by the arrow and its length is related to the mean resultant length. The square-root of the level of activity was plotted at 30 min intervals. Dashed lines indicate the 95% confidence intervals of the mean peak activity and the six shorter solid lines indicate the different twilight periods as follow: nautical dawn, civil dawn, sunrise, sunset, civil dusk and nautical dusk. (Source: MEZŐFI et al. 2019)

A pókok esetében az egyes szempárok különbözhetnek felépítésükben, érzékenységükben, de a különböző életmódú csoportok/fajok (például nappali vagy éjszakai vadászok) szemei között is megfigyelhetők különbségek (MUÑOZ-CUEVAS et al. 1998, YAMASHITA & NAKAMURA 1999, BARTH 2002). A szemek érzékenysége a napszak függvényében változhat (MUÑOZ-CUEVAS et al. 1998), sőt, a szemekben lezajló folyamatoknak saját endogén cirkadián ritmusuk is lehet (KOVOOR et al. 1999). Például az *Araneus ventricosus* (Araneidae) éjszakai faj esetében az elülső szemsor középszemei (AME) a sötét periódusban érzékenyebbek lesznek és konstans sötétségben is megtartják érzékenységükben a körülbelül 24–25 órás periódusú ritmusukat (YAMASHITA & NAKAMURA 1999, YAMASHITA 2002).

A pókoknál a hímek általában aktívabbak/mobilisabbak a nőstényeknél, részben mivel a zsákmányszerzés mellett a nőstények felkutatása is az ő feladatuk (SALVESTRINI & GASNIER 2001, SULLIVAN & MORSE 2004, FRAMENAU 2005, FOELIX 2011). Bár a nőstények általában nagyobbak a hímeknél (HEAD 1995), a hímeknek sokszor relatíve hosszabbak a lábaik. E tulajdonságukat egy hipotézis szerint a számukra kedvezőbb nagyobb mobilitásra irányuló ivari szelekció eredményének köszönhetik (GASNIER et al. 2002, FRAMENAU 2005). A magasabb aktivitásukkal összefüggésben talajcspadázással – mely elterjedt módszer a talajfelszíni pókközösségek mintázására és vizsgálatára (UETZ & UNZICKER 1976) – általában nagyobb arányban gyűjthetők a hímek (például a Lycosidae, Thomisidae és Salticidae családoknál) (TOPPING & SUNDERLAND 1992, PRÓSZYNSKI & LUBIN 1993, FUJII 1997, BOGYA & MARKÓ 1999). Kivételek eddig csak az ugrópókok köréből ismertek, ahol a nőstények bizonyultak az aktívabb ivarnak (TORK 2018, MEZŐFI et al. 2019). Az aktivitási szint mellett a két ivar napon belüli aktivitási mintázata is eltérő lehet (KRUMPALOVÁ & TUF 2013, MEZŐFI et al. 2019). A pókoknál az aktívabb periódust általában magasabb metabolikus ráta is jellemzi (SCHMITZ 2004), továbbá a magasabb aktivitási szint összefügghet a gyorsabb életmenettel (RÁDAI et al. 2017) és a gyengébb kondícióval (INGLE et al. 2018). Az utóbbival összefüggésben az aktívan kereső vadászok esetében az éhezés következtében megnöhet az egyedek aktivitása (WALKER et al. 1999).

### Az aktivitási ritmus laboratóriumi vizsgálata

Számos tanulmány született melyekben különböző pókfajok lokomotoros aktivitási ritmusát vizsgálták laboratóriumi körülmények között. ORTEGA-ESCOBAR (2002) *Lycosa tarentula* (Lycosidae) egyedeket vizsgált számítógéphez kapcsolt infravörös fotocellák segítségével, melyek a pókok mozgását érzékelve aktiválódtak. A pókok mozgási aktivitási ritmusát hat perces felbontásban értékelte, 1-es értéket kapott az egyed, ha aktív volt az adott időintervallumban és 0 értéket, ha nem. Teljes sötétségben (DD) vizsgálva az egyedek átlagosan 24,1 órás periódusú „szabadon futó” ritmust mutattak. Az egyedeket LD (12:12) körülmények közé helyezve a pókok többsége éjszakai aktivitást mutatott, azonban konstans fényben (LL) vizsgálva aritmikus lett a mozgási aktivitásuk. ORTEGA-ESCOBAR (2002) a különböző szempárok letakarásával és szabadon hagyásával megállapította továbbá, hogy az elülső szemsor középszemeinek (AME), annak ellenére, hogy ennek a szempárnak van a legnagyobb szerepe az orientációban, nincs szerepe a ritmus szinkronizálásában. Azok az egyedek, melyeknél csak ez a szempár nem volt letakarva, LD körülmények között „fázis

eltolódás” (*phase shifting*) lépett fel az aktivitási ritmusban, így „szabadon futó” cirkadián ritmust mutattak. Ezzel szemben a többi három szempár (ALE, PME és PLE) mind képes volt a ritmus szinkronizálására.

SUTER (1993) számítógépre csatlakoztatott infravörös fototranzisztorok és infravörös diódák segítségével vizsgált üvegfiolákban tartott *Frontinella pyramitela* (Linyphiidae) és *Argyrodes trigonum* (Theridiidae) egyedeket. Megállapította, hogy nem minden egyes egyednél figyelhető meg cirkadián ritmus a lokomotoros aktivitásban, és, hogy részben magasabb frekvenciájú – rövidebb periódusidejű – (ultradián) endogén ritmusok is szerepet játszanak a mozgási aktivitási mintázatok kialakításában. SUTER & BENSON (2014) csodáspók (Pisauridae) és farkaspók (Lycosidae) fajok adult és szubadult nőstény egyedeit vizsgálva arra a megállapításra jutott, hogy a legtöbb esetben az egyes egyedek nem követnek szigorúan nappali vagy éjszakai életmódot. A statisztikailag jelentős noktornalitást vagy diurnalitást mutató egyedeknél/fajoknál is megfigyelhető akár komolyabb aktivitás a nyugalmi periódusban is. Az egyes pókok vizsgálatával megerősítették az ultradián periódusok jelenlétét.

A *Cupiennius salei* (Ctenidae), vagy a *Parasteatoda* (syn: *Achaearana*) *tepidariorum* (Theridiidae) esetében is – melyek kedvelt modellfajok, fejlődésmenetük, biológiájuk régóta kutatott (BARTH 2008, MCGREGOR et al. 2008) – rendelkezésre állnak laboratóriumi megfigyeléseken alapuló adatok a fajok napi aktivitási mintázatáról (SEYFARTH 1980, SCHMITT et al. 1990, WOLF 2011). SCHMITT et al. (1990) aktográf (*actograph*) segítségével vizsgáltak három *Cupiennius* nembe tartozó fajt. A pókok aktivitását 72 órán keresztül mérték és 10 perces felbontásban értékelték ki. Azon kívül, hogy a fajok éjszakai aktivitást mutattak, megállapították, hogy a hímek átlagosan 3,5–12,7-szer aktívabbak a nőstényeknél és a *C. coccineus*, illetve *C. getazi* szimpatrikus fajpár esetében, a *C. coccineus* fajnak a relatív mozgási aktivitási minimuma a *C. getazi* faj abszolút aktivitási maximumával van átfedésben. Ez az aktivitási mintázatban megfigyelhető különbség feltehetően hozzájárul az említett két szimpatrikus faj reprodukció izolációjához.

TIETJEN & CADY (2007) szubletális malathion (szerves foszforsav-észterek csoportjába tartozó rovarölő szer) dózis hatását vizsgálták többek között a *Salticus scenicus* (Salticidae) faj napi mozgási aktivitás mintázatára. Az állatok aktivitását egy videokamera segítségével rögzítették, mely 10 másodpercenként készített felvételeket az egyedekről. Az éjszakai felvételek infravörös LED megvilágítás mellett készültek, mivel ebben a tartományban (~700 nm fölött) a kifejezetten jól látó ugrópókok szemei is teljesen érzéketlenek (YAMASHITA 2002, ZUREK et al. 2015). A vizsgálatban (TIETJEN & CADY 2007) megállapították, hogy a malathion hatására hozzátétőleg egy órával korábbra tolódott a faj aktivitási csúcsa a kontroll egyedekéhez képest, rámutatva így a növényvédő szerek a hasznos ízeltlábú szervezetek napi aktivitási ritmusára gyakorolt esetleges mellékhatásaira. A növényvédő szerek az aktivitási szintre is negatív hatással lehetnek (BAATRUP & BAYLEY 1993, PEKÁR & BENEŠ 2008). BAATRUP & BAYLEY (1993) például *Pardosa amentata* (Lycosidae) egyedek mozgási aktivitásának jelentős csökkenését figyelte meg szubletális cipermetrin (szintetikus piretroid rovarölő szer) kezelése hatására.

MOORE et al. (2016) a *Cyclosa turbinata* (Araneidae) faj lokomotoros aktivitásának vizsgálata közben tapasztalták a pókoknál ismert legrövidebb periódusidejű endogén „szabadon futó” ritmust (MAMMOLA et al. 2017). A normálisan éjszakai aktivitású faj egyedeit konstans sötétségbe (DD) helyezve, Aschoff harmadik szabályának megfelelően 24 óránál

rövidebb, hozzávetőleg 19 óra körüli periódusidejű cirkadián ritmust eredményezett. Aschoff harmadik szabályának működését számos más pókfajnál is megfigyelték (például ORTEGA et al. 1992, JONES et al. 2018, GARMANY et al. 2019). MOORE et al. (2016) megállapították továbbá, hogy a normálisan bimodális ritmus első csúcását feltehetően a fény „hiánya” váltja ki, míg a második csúcs bizonyítja a ritmus endogén voltát, mivel normális körülmények között (LD) még a sötét szakaszban, a fény szakasz előtt pár órával jelentkezik, és ez lehetett az, ami DD körülmények között is tovább „futott”, így alakítva ki a szokatlannul rövid periódusú ritmust.

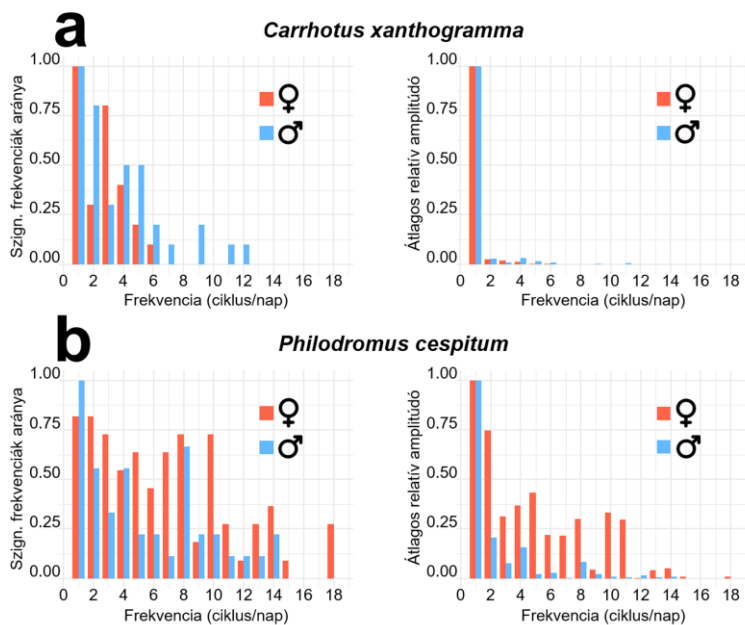
Nemcsak a mozgási aktivitásban megjelenő cirkadián ritmus vizsgálatára van példa a pókoknál. JONES et al. (2011) azt a hipotézist tesztelték, miszerint ha bizonyos fajok a nap jól meghatározott szakaszában táplálkoznak, akkor kevésbé agresszívek (vagy inkább defenzívebbek) azokban a szakaszokban, amikor nem táplálkoznak, vagy nem keresik aktívan a forrásokat. Az éjszakai aktivitású *Larinioides cornutus* (Araneidae) faj egyedein az úgynevezett tetszhalál (*thanatosis*) antipredátor viselkedési választ vizsgálva megállapították, hogy az egyedeknél nappal tovább tart a tetszhalott állapot, mint éjjel. Konstans sötétségben és konstans fényben vizsgálva az egyedeket, szintén kimutatható volt, hogy ez az antipredátor viselkedési forma egyfajta cirkadián szabályzás alatt van. WATTS et al. (2015) *Anelosimus studiosus* (Theridiidae) egyedek merészségét vizsgálva megállapították, hogy a pókok a napnak abban az időszakában (este és az éjszaka első felében) a „legbátrabbak”, amikor a természetes élőhelyükön a legaktívabbak a potenciális zsákmányszervezetek. Eredményeikkel így rámutattak a viselkedésben jelentkező napon belüli plaszticitás (azaz a viselkedési mutatókban megnyilvánuló napi ritmusok) adaptív jelentőségére.

## A pókok aktivitási ritmusának megfigyelése természetes fotoperiódus mellett

A szabadföldi megfigyelések nem feltétlenül támasztják alá a laboratóriumi körülmények között nyert megállapításokat, mivel a természetes környezet sokkal gazdagabb ciklikus stimulusokban. A cirkadián ritmusoknak a természeteshez minél közelebb álló körülmények között történő vizsgálata, az egyes ritmusok adaptív jelentőségének hitelesebb értelmezését teheti lehetővé (VANIN et al. 2012, KRONFELD-SCHOR et al. 2013, MENEGAZZI et al. 2013). Természetes körülmények között a szürkületi időszakot is figyelembe kell venni az aktivitási mintázat értékelésénél. A szürkület időszakát számíthatjuk a navigációs szürkület kezdetétől a napkeltéig és napnyugtától a navigációs szürkület végéig (ENSING et al. 2014). A nappalt viszont a polgári szürkület kezdete és vége határozza meg, mivel a fényintenzitás logaritmusának változása ezekben az időpontokban a leggyorsabb, így általában ezek az időpontok tekinthetők a biológiai rendszerek számára a fény „fel- és lekapcsolásának” (HUT et al. 2013). A navigációs szürkület alatt a nap  $12^\circ$  és  $6^\circ$  között, míg a polgári szürkület esetében a nap  $6^\circ$  és  $0^\circ$  között tartózkodik a horizont alatt (USNO 2018).

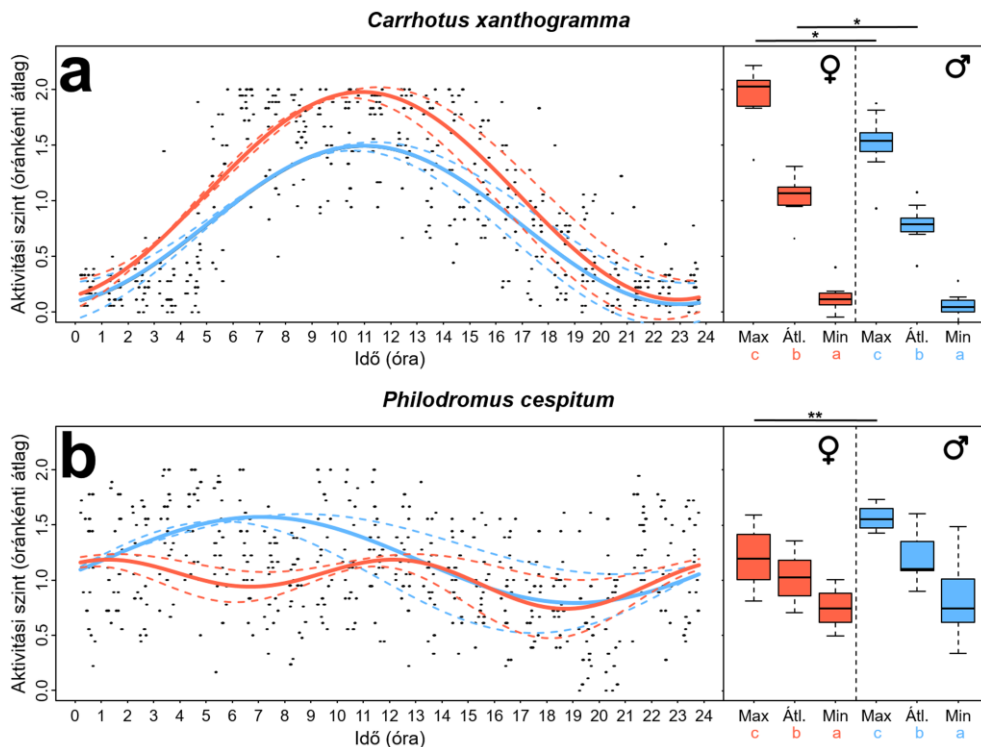
MARC (1991) videokamera segítségével rögzítette *Anypaena accentuata* (Anyphaenidae, 1. ábra) egyedek aktivitási ritmusát természetes fényviszonyok és fotoperiódus mellett. Megállapította, hogy az *A. accentuata* éjszakai aktivitású, a napnyugta utáni három órás intervallumban a legaktívabb és aktív marad egészen addig, míg a fényintenzitás reggel el nem kezd növekedni. MEZŐFI et al. (2019) a rozsdás ugrópók (*Carrhotus*

*xanthogramma*: Salticidae) és egy fűrgekárólópók (*Philodromus cespitum*: Philodromidae) aktivitási mintázatait vizsgálták szintén természetes fény és fotoperiódus mellett. A *C. xanthogramma* esetében azt találták, hogy a faj szigorúan nappali aktivitású és mindkét ivar aktivitási csúcsa szinte percre pontosan megegyezik (3.a ábra). Az aktivitási ritmusuk kialakításában egyértelműen a 24 órás periódusidejű komponensnek volt meghatározó szerepe (4.a ábra), de meglepő módon a nőstények aktívabbnak bizonyultak a hímeknél (5.a ábra). Ezzel szemben a *Ph. cespitum* egyedek katemerális aktivitásúnak bizonyultak, azaz a nap minden szakaszában mutattak aktivitást. A két ivar aktivitási mintázata eltért, a nőstények éjszaka, közvetlenül a navigációs szürkület előtt voltak a legaktívabbnak, míg a hímek átlagos aktivitási csúcsa reggelre esett (3.b ábra). Az utóbbi faj katemerális aktivitásával összefüggésben számos ultradián komponens volt detektálható az aktivitási ritmusban, különösen a nőstények esetében, ahol a relatíve erős 12 órás periódusidejű komponens miatt bimodálisnak bizonyult az említett ivar aktivitása (4.b és 5.b ábra).



**4. ábra.** *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) (a) és *Philodromus cespitum* (Philodromidae) (b) egyedek idősorainak (72 óra hossz) Fourier-analízise. Baloldalt a szignifikáns ( $\alpha < 0,01$  szinten detektált) frekvenciák populáción belüli arányát, míg jobboldalt a detektált frekvenciák átlagos relatív amplitúdóit tüntették fel a legnagyobb átlagértékhez normalizálva. (Forrás: MEZŐFI et al. 2019)

**Figure 4.** Results of the Fourier analysis of the time series (72 h long) recorded for *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) (a) and *Philodromus cespitum* (Philodromidae) (b). On the left, we show the probabilities of the appearance of significant peaks in a given number of cycles per day. The probabilities are computed as the ratio between the number of individuals exhibiting a spectral peak (detected at  $\alpha < 0.01$  level) in a given cycle and the total number of females and males studied. On the right, we show the individual means of the relative powers of the significant spectral peaks for the female and male spiders, in terms of the number of daily cycles. The plotted values are normalized relative to the largest mean value. (Source: MEZŐFI et al. 2019)



**5. ábra.** *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) (a) és *Philodromus cespitum* (Philodromidae) (b) egyedek ivarspecifikus napi (és 12 órás) lokomotoros aktivitási ritmusa. A bal oldali panelen a fix 24 órás periódusidővel illesztett koszinusz görbék láthatók. A pontok az egyes egyedek óránkénti átlagos aktivitási szintjét jelölik. A szaggatott vonalak a 95%-os konfidencia intervallumát mutatják a görbéknek. A jobb panelen láthatók az ivarspecifikus különbségek az egyedileg illesztett görbék különböző fázisai által kijelölt aktivitási szintekben: az aktivitási szint a görbék maximumában (Max), minimumában (Min) és az átlagos aktivitási szintek (Átl.). A különböző betűk szignifikáns különbséget ( $P < 0,05$ ) jeleznek az adott faj nőstényein és hímjein belül, míg a csillagok (\* =  $P < 0,05$ , \*\* =  $P < 0,01$ ) az ivarok közötti különbséget mutatják. (Forrás: MEZŐFI et al. 2019)

**Figure 5.** Daily (and 12 h) locomotor activity rhythms recorded for *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) (a) and *Philodromus cespitum* (Philodromidae) (b). In the left panel cosine-fitted curves based on the model parameters obtained using a fixed 24-h period are shown. Each dot is the hourly average activity level (jittered) of one individual. Dashed lines indicate the 95% confidence intervals of the sex-specific fitted curves. Sex-related differences in the activity levels at different phases of cosine curve are shown in the right panel. The activity levels at the maximum (Max) and at the minimum (Min) of the individually fitted cosine curves and the mean levels of activity (Átl.). Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) within males and females of a species while the asterisks indicate significant differences (\* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ ) between the sexes. (Source: MEZŐFI et al. 2019)

Számos kifejezetten szabadföldi megfigyelést is végeztek a pókok napon belüli aktivitásának meghatározására. PFANNENSTIEL & YEARGAN (2002) például *Helicoverpa zea* (Noctuidae) tojásokat helyeztek ki kukorica és szójaövényekre, majd három óránként ellenőrizték, hogy milyen szervezetek táplálkoznak a tojásokkal. Ezzel a módszerrel állapított-

ták meg, hogy a *Clubiona abbotii* (Clubionidae) kalitpókfaj csak éjjel zsákmányolja a tojásokat. WARD & LUBIN (1992) vizes élőhelyeken figyelte meg az ott élő keresztespókfélék (Araneidae) éjszakai aktivitását. Megállapították, hogy ősszel a kisebb méretű pókok jellemzően a napnyugta körüli időszakban készítik hálójukat, amikor a kisebb szúnyogalkatú zsákmányok rajzanak. A nagyobb pókok ezzel szemben az éjszaka folyamán később szövik (nagyobb) hálójukat, amikor a nagyobb méretű rovarok (például éjjeli lepkék) repülnek. WARD & LUBIN (1992) szerint a nagyobb pókok nem a nagyobb méretű éjjeli lepkék miatt éjszakáznak, hanem mert az esti szürkületben a nagyobb pókok könnyebben áldozatul eshetnek a ragadozóiknak, mint teljes sötétségben. NØRGAARD et al. (2006) infravörös fény-sorompókat helyeztek ki a Namib-sivatagban élő *Leucorchestris arenicola* (Sparassidae) vadáspókfaj aktivitásának tanulmányozásához. Megállapították, hogy a faj szigorúan éjszaka aktív és a legsötétebb éjszakákon, azaz újholdkor legmagasabb az aktivitása. Talajcsapdák kihelyezésével és fogásuk rendszeres időközönként történő ellenőrzésével jól nyomon követhető a talajfelszíni ízeltlábúak napszakos aktivitása. Az ilyen mintagyűjtést megkönnyítendő, többféle automatizált talajcsapdát (*time-sorting pitfall trap*) is kifejlesztettek (BLUMBERG & CROSSLEY 1988, BUCHHOLZ 2009). KRUMPALOVÁ & TUF (2013) egy csehországi ártéri erdőben és környékén tavaszi és őszi felvételezéseket végeztek talajcsapdákkal. 100 csapdát helyeztek ki és több napon keresztül három óránként ellenőrizték azok tartalmát. Ebben az esetben úgy találták, hogy a vizsgált területen a talajszinten élő pókfajok körében a nappali aktivitás gyakoribb, mint az éjszakai. Az 5 mm-nél kisebb testmérettel rendelkező fajok (például Linyphiidae család tagjai) késő éjszaka, illetve reggel, míg az 5 mm-nél nagyobb testmérettel rendelkező fajok (például Lycosidae család fjai) délután, illetve este voltak aktívak. Részből a talajfelszín hőmérsékletével lehet összefüggésben az aktivitási mintázatbeli eltérés, ugyanis a nagyobb pókok a nap melegebb időszakában voltak aktívak. Valószínűleg ez teszi lehetővé a különböző testmérettel rendelkező fajok koegzisztenciáját a talajfelszín pókegyüttesében. Tehát a testméret a cirkadián aktivitást jelentősen befolyásoló faktor lehet (KRUMPALOVÁ & TUF 2013). CHAPMAN & ARMSTRONG (1997) automatizált talajcsapdákkal követték nyomon fejes káposzta parcellák talajfelszíni pókjainak napszakos aktivitását. Az egyik parcellát gyommentesen tartották, a másiknál here alávetést alkalmaztak. Azt találták, hogy az *Erigone* (Linyphiidae) nem egyedei a gyommentesen tartott parcellában éjszaka és reggel aktívak, míg a plusz takarónövényzettel borított parcellában napközben mutatták a legnagyobb aktivitást. A vizsgálat rámutat a habitat, illetve a habitat hordozta tulajdonságok esetleges aktivitást módosító hatására. A főleg éjszaka aktív pókok a plusz takarónövényzettel borított parcellában feltehetően az ott uralkodó párasabb mikroklima és alacsonyabb talajhőmérséklet miatt tudtak nappal is aktívak lenni. Számos tanulmányt lehetne még sorolni (DONDALE et al. 1972, ALDERWEIRELDT 1994, FUJII 1997, MARSHALL et al. 2002, LUNDGREN et al. 2009, KRÓL et al. 2018) melyekben szintén talajcsapdák segítségével vizsgálták a talajszinten élő pókfajok napi aktivitási ritmusát. Sokkal kevesebben foglalkoztak a különböző fás növények lombzatán élő pókfajok aktivitási ritmusának szabadföldi megfigyelésével. Almaültvények lombkoronaszintjén előforduló pókfajok napszak szerinti aktivitását BROWN et al. (2003) vizsgálták részletesebben. Egy észak-virginiai (USA) almaültvényben, óránként végzett kopogtatásos mintavételezések alapján megállapították, hogy az ott előforduló jegyespókoknak (Anyphaenidae) átlagosan 01:00±3 órákor, a fűgekarolópókoknak (Philodromidae) 23:00±5 órákor, és a karolópókoknak (Thomisidae) pedig 24:00±6 órákor volt a legnagyobb az egyedsűrűségük, tehát ezekben az órákban lehet az aktivitási csúcuk is. Megjegyzendő, hogy a lombzat



rázásával vagy a vázágak ütögetésével bizonyos esetekben az éjjeli és nappali fajok egyedei egyaránt hatékonyan gyűjthetők, így az ilyenfajta mintavételezésből nem mindig lehet messzemenő következtetéseket levonni a gyűjtött faj napszakos aktivitására (COSTELLO & DAANE 2005).

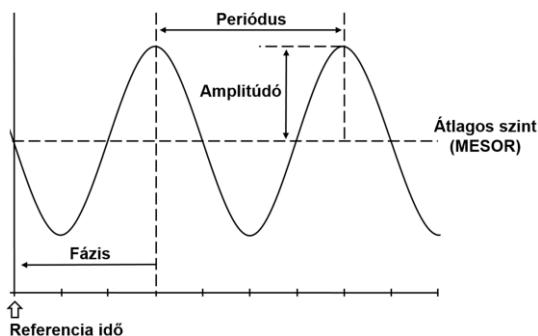
## A biológiai ritmusok értékelése

A cirkadián fiziológia területén végzett adatelemzésnek a feladata többnyire a cirkadián ritmicitás azonosítása olyan adathalmaz esetén, mely számos ritmikus és nem ritmikus komponenst tartalmaz. Mivel az adatpontok időben egymást követő megfigyelésekre vonatkoznak ezért az adatkészletet gyakran „idősornak” is nevezik (REFINETTI et al. 2007, REFINETTI 2016).

Általánosságban különbséget tehetünk „időtartományban” (*time domain*) és „frekvenciatartományban” (*frequency domain*) történő elemzés között. Míg az „időtartományban” alkalmazott módszerek magában az idősorban keresik a szabályszerűségeket, addig a „frekvenciatartományban” alkalmazott módszerek az idősorokat összetett oszcillációs folyamatokként kezelik. „Időtartományban” elemezve az idősorokat megállapíthatjuk, hogy bizonyos folyamatokban milyen időközönként történik változás, míg „frekvenciatartományban” vizsgálódva (például Fourier-analízist végezve), a különböző periódussal rendelkező komponenseit is azonosítani tudjuk az idősornak (REFINETTI 2016).

Az elemzés első lépéseként az idősorokat vizuálisan vizsgáljuk meg, azokat valamilyen grafikai eszköz/módszer segítségével láthatóvá téve. Az adatok ilyen módon történő megtekintése segítséget nyújt a pontosabb numerikus elemzés eljárásának kiválasztásához (REFINETTI et al. 2007). Idősoraink tulajdonságait megvizsgálhatjuk az idősorokat derékszögű koordináta rendszerben ábrázolva (ahol az  $x$  tengelyen az időt, míg az  $y$  tengelyen a mért változóinkat tüntetjük fel). Egy másik népszerű módszer az idősorok ábrázolására az úgynevezett aktogram (*actogram*), mely tulajdonképpen az egy napos grafikonok egymás utáni napok sorrendjében történő egymás alá illesztéséből áll. Kiegészítő jelleggel a hosszabb adatsorok esetén egy tetszőleges kisebb periódusra történő akkumulálása (vagy kivonatolása) az adatoknak (2. ábra) is segítheti különböző ritmikusságok jobb felismerését. Ha az idősorunk nem elég tiszta, akkor megfelelő szűréssel – például mozgó átlag illesztésével – láthatóbbá tehetjük az adott ritmust. A jól kivehető ritmikusságok ellenére is, komolyabb matematikai analízis szükséges az egyes ritmikusságok objektív mutatójának megállapításához (REFINETTI et al. 2007, CORNELISSEN 2014, REFINETTI 2016).

A ritmikus mintázat négy paraméterrel jellemezhető, melyek a következők: periódus, amplitúdó, fázis és átlagos szint (6. ábra) (REFINETTI et al. 2007, REFINETTI 2016). A periódus az egymást követő csúcsok közötti távolság, vagyis egy hullám időtartama. Ha a hullám időtartamának (másodpercben) reciprokát vesszük, akkor megkapjuk a frekvenciát. Az amplitúdó a hullám oszcillációjának fele. A fázis (vagy „fázisszög”) egy relatív kifejezés, a referenciaszög (referenciapont) és az oszcilláció közötti relatív (szög)elmozdulás. A cirkadián ritmusok esetében a ritmus fázisát gyakran a környezeti fény-sötétség ciklussal kapcsolatban határozzák meg, órában kifejezve. Az átlagos szint pedig az, ami körül a hullám oszcillál (REFINETTI et al. 2007, REFINETTI 2016).



6. ábra. Az oszcillációs folyamatok paramétereit: periódus, amplitúdó, fázis és MESOR.

Figure 6. Parameters of oscillatory processes: period, amplitude, phase and MESOR.

A cirkadián ritmusok analizálása során további két paramétert is meg kell vizsgálnunk, úgymint a hullámformát (mely lehet például szinuszos), vagy a ritmus robusztusságát/kiválóságát. A hullámformát például a harmonikus tartalom határozhatja meg, míg a robusztusság/kiválóság például a jel-zaj aránytól és a ritmus stacionaritásától függ. A ritmikus paraméterek egzakt matematikai analízise feltételezi az idősorok stacionaritását, azaz a várható érték, variancia és autokorrelációs koefficiens időbeni hozzávetőleges állandóságát. Mivel a biológiai ritmusok nem szigorúan stacionáriusak, ezért általában csak hozzávetőlegesen elemezhetők (REFINETTI et al. 2007, REFINETTI 2016).

A biológiai ritmusok különböző paramétereinek illetve tulajdonságainak becslésére/ elemzésére számos grafikai és matematikai módszer létezik (lásd például: REFINETTI et al. 2007, REFINETTI 2016). A továbbiakban ezek közül csak a fontosabb eljárásokat ismertetjük.

(1) *Cirkuláris statisztika*: Abban az esetben, amikor az egyetlen gyűjthető adat az idő (amikor bizonyos események történnek), nagyon hasznosak lehetnek a cirkuláris statisztika tárgykörébe tartozó módszerek (REFINETTI et al. 2007, PEWSEY et al. 2013). Mivel ciklikus folyamatok elemzéséről van szó, könnyen belátható, hogy ezeket a folyamatokat akár egy kör mentén (ahol a  $360^\circ$  24 órának felel meg) is ábrázolhatjuk (3. ábra). Az idősorunkat egy körfolyamatként, elemeit pedig egységvektorokként kezeljük. Az egységvektoroknak kiszámíthatjuk az átlagvektorát, mely szöge (iránya) fejezi ki a cirkuláris átlagot. A cirkuláris átlagot (*circular mean*), vagy átlagos irányt unimodális eloszlások esetén aktivitási csúcsként is szokták interpretálni (MEZŐFI et al. 2019). Kiszámítható az átlagvektor hossza, melyet átlagos rezultáns (eredő) hosszának (*mean resultant length*) neveznek. A rezultáns hossz 0 és 1 közötti értéket vehet fel és minél közelebb van az érték az 1-hez, a vektor annál erősebb aktivitási csúcsot jelez az adott időpontban, míg a 0-hoz közeli értékek katemerális aktivitási mintázatra utalnak (RANGANATHAN et al. 2010). A cirkuláris mintánk körön való egyenletes eloszlását különböző próbákkal tesztelhetjük. Ilyen próbák például a Rayleigh teszt (ellenhipotézise valamilyen unimodális eloszlás) vagy a Rao's spacing és Watson's  $U^2$  tesztek (ellenhipotézisük az összes nem egyenletes eloszlást magában foglalja). Két cirkuláris mintát összehasonlíthatunk például a Watson's two-sample  $U^2$  teszttel, mellyel megállapítható, hogy a két mintánk származhat-e ugyanabból az alapsokaságból, azaz egyezik-e az

eloszlásuk. Az említett próbák folytonos változókat igényelnek, így ha csoportosított adatkészlettel (például a napot 12 részre bontva) dolgozunk, más próbát, vagy az említett próbák módosított változatát kell alkalmaznunk (PEWSEY et al. 2013). A cirkuláris statisztikai eljárások hátránya, hogy sem az amplitúdó, sem a ritmusra jellemző periódus/periódusok hossza nem becsülhető velük (REFINETTI et al. 2007).

(2) *Varianciaanalízis (ANOVA)*: Habár a módszer önmagában semmit nem mond a periodicitásról, segítségével egy zajos ritmus megkülönböztethető a random oszcillációtól, ha a ritmus periódusa legalább hozzávetőlegesen ismert (MINORS & WATERHOUSE 1988, REFINETTI et al. 2007).

(3) *Fourier-analízis*: A spektrális analízisnek is nevezett módszer azon a felismerésen alapszik, miszerint bármilyen idősor, formájától és szabályosságától függetlenül, különböző frekvenciájú szinusz és koszinusz hullámok sorozatával írható le. Így, ha egy idősor Fourier-analízise során egy jelentős frekvencia komponens mutatható ki a cirkadián tartományban, abból arra következtethetünk, hogy a vizsgált folyamat cirkadián ritmikusságot mutat. Amellett, hogy a módszerrel meghatározható a vizsgált ritmust jellemző periódus/periódusok, a Fourier-analízis során készített periodogram segítségével láthatóvá tehető az egyes frekvenciák relatív amplitúdója vagy spektrális energiája is (REFINETTI et al. 2007, 4. ábra). A Fourier analízisen alapuló módszerek számos változatát elterjedten használják különböző ritmikus folyamatok periodicitásának vizsgálatakor. A módszer hátránya, hogy általában csak equidisztáns megfigyelések esetén alkalmazható és az idősor hossza többszöröse kell legyen az alaperiódusénak (MINORS & WATERHOUSE 1988, REFINETTI 1993, FORREST & SUTER 1994, LEISE 2013, AMARIEI et al. 2014).

(4) *Cosinor módszer*: A módszer abból áll, hogy az adatainkra egy ismert periódussal rendelkező (például 24 óra + esetleges hozzáadott harmonikusok) koszinusz görbét tartalmazó modellt illesztünk (lineáris regresszióval, a legkisebb négyzetek módszerével) a ritmus mintázatának becslése céljából. Így kiszűrhető a zaj és láthatóvá tehető a zaj által elfedett alaritmus (5. ábra). Ezzel a módszerrel meghatározható például a ritmus MESOR-ja (*Midline Estimating Statistic Of Rhythm*), mely tekinthető az átlagos szintnek, de nem feltétlenül azonos az adatpontjaink számtani közepével. Kiszámítható továbbá az oszcilláció amplitúdója és a fix referenciaidőhöz viszonyított maximum fázisa [azaz az akrofázis (*acrophase*), az illesztett görbe csúcsának fázisa], mely utóbbit szintén szoktak aktivitási csúcsként interpretálni. Ha az illesztett görbe amplitúdója statisztikailag nagyobb, mint nulla, akkor az idősor 24 órás ritmicitást mutat. A módszer nem equidisztáns megfigyelések, illetve rövid (akár egy periódus hosszúságú), vagy kivonatolt idősorok (*educated rhythms*) esetén is jól alkalmazható (MINORS & WATERHOUSE 1988, REFINETTI et al. 2007, FERNÁNDEZ et al. 2009, CORNELISSEN 2014). A módszert és azok egyes változatait (például koszinusz görbék különböző transzformáltjainak illesztését) széleskörűen alkalmazzák különböző biológiai ritmusok elemzése során (HALBERG 1969, NAITOH et al. 1985, CUGINI 1993, MARLER et al. 2006). A módszer hátránya, hogy korlátozott feltételek között alkalmazható. Ha az adott feltételek sérülnek (például a regressziós diagnosztika során számolt hibatagok nem normális eloszlásúak, nem függetlenek, vagy varianciájuk nem homogén, stb.) akkor a modellünkből számolt paraméterek tévesek lehetnek, bár még így is hasznos lehet a becslésük (DE PRINS & WALDURA 1993, FERNÁNDEZ et al. 2009, CORNELISSEN 2014). Ha a ritmus periódusa nem ismert, a mai számítógépes kapacitás lehetővé teszi a hagyományos Cosinor módszer megkerülését és a görbe iterációs illesztését (és minden para-

méter becslését), azonban utóbbi nemlineáris eljárás nem mindig alkalmazható megfelelően és még szigorúbbak a feltételei, mint a hagyományos módszernek (ALONSO & FERNÁNDEZ 2001, REFINETTI et al. 2007, CORNELISSEN 2014).

(5) *További módszerek:* Attól függően, hogy milyen természetűek az adataink, számos más módszerből is válogathatunk az idősorunk ritmicitásának megállapításához. Ezekkel a különböző matematikai háttérű eljárásokkal meghatározható a ritmust jellemző fő periódus/periódusok. A periodicitás egészen egyszerű módon is becsülhető (REFINETTI 1991), de a periódusok meghatározására alkalmasabb az Enright periodogram (mely  $\chi^2$  eloszlást alapul vevő változatát chi négyzet periodogrammnak is nevezik) vagy a Lomb-Scargle periodogram. Az előbbi módszer equidisztáns megfigyelések esetén alkalmazható, míg utóbbi lehetővé teszi szabálytalan időközönként gyűjtött adatok vagy hiányos idősorok elemzését (REFINETTI 1993, RUF 1999, REFINETTI et al. 2007).

## Konklúzió

A dolgozatot átolvasva láthatjuk, hogy a pókok rendkívül sokféle módon alkalmazkodtak a környezetükhöz. Bár az elmúlt évtizedekben tetemes mennyiségű ismeretanyaggal gyarapodtunk a napszakos aktivitásukat, illetve a biológiai ritmusaikat illetően, e tekintetben még számos faj biológiája ismeretlen és sok a megválaszolásra váró kérdés. Az agrárterületeken előforduló számos faj közül többnek is szerepe lehet bizonyos kártevők populációinak gyérítésében, így a megőrző biológiai védekezésben is (MEZŐFI et al. 2020). Ha ezeknek a fajoknak jobban ismernénk a napszakos aktivitását, nemcsak teljesebb képet kapnánk arról, hogy mivel táplálkozhatnak, hanem a növényvédelmi kezelések idejének helyes megválasztásával jobban kímélhetnénk ezeket a peszticidektől is. Mégis, agrobiont pókfajok cirkadián aktivitásáról meglehetősen kevés ismeret áll rendelkezésünkre. Ugyancsak kevésbé ismert, hogy a különböző antropogén eredetű behatások, mint a különböző peszticidek használata vagy a fényszennyezés, milyen hatással vannak a pókok aktivitási ritmusaira. A 24 óránál rövidebb periódusú (ultradián) komponenseknek feltehetően van (vagy valaha volt) valamilyen adaptív jelentősége. Bár számos faj aktivitási ritmusában kimutatták ezen komponensek jelenlétét, azok funkciója mindmáig ismeretlen. A pókok ivari dimorfizmusával és az ezt kialakító szelekciós erőkkel számos tanulmány foglalkozik, de a biológiai ritmusaikban megjelenő ivarspecifikus különbségekkel annál kevesebb. Nyitott kérdés, hogy egyes fajok esetében miért követnek az ivarok különböző napirendet, de az sem teljesen tisztázott, hogy milyen adaptív előnyökkel jár az egyik vagy másik ivar fokozott aktivitása. Alig ismert továbbá, hogy a nem szigorúan nappali vagy éjszakai fajoknál mely tényezők lehetnek azok, melyek befolyásolják az aktivitás idejét. Számos további kérdés vár még válaszra, de az itt felvetett problémákkal bizonyosan számos tanulmány fog foglalkozni az elkövetkezendő években.

**Köszönetnyilvánítás.** Munkámat az NKFI (K112743) és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3-III kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta.

## Irodalomjegyzék

- ALDERWEIRELDT, M. (1994): Day/night activity rhythms of spiders occurring in crop-rotated fields. *European Journal of Soil Biology* 30: 55–61.
- ALONSO, I. & FERNÁNDEZ, J. R. (2001): Nonlinear estimation and statistical testing of periods in nonsinusoidal longitudinal time series with unequidistant observations. *Chronobiology International* 18: 285–308. <https://doi.org/10.1081/CBI-100103192>
- AMARIEI, C., TOMITA, M. & MURRAY, D. B. (2014): Quantifying periodicity in omics data. *Frontiers in Cell and Developmental Biology* 2: 40. <https://doi.org/10.3389/fcell.2014.00040>
- ASCHOFF, J. (1960): Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 25: 11–28. <https://doi.org/10.1101/SQB.1960.025.01.004>
- ASCHOFF, J. (1966): Circadian activity pattern with two peaks. *Ecology* 47: 657–662. <https://doi.org/10.2307/1933949>
- ASCHOFF, J. (1979): Circadian rhythms: influences of internal and external factors on the period measured in constant conditions. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 49: 225–249. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1979.tb00290.x>
- ASCHOFF, J. (1981): A survey on biological rhythms. In: ASCHOFF, J. (ed.): *Biological Rhythms*. Plenum Press, New York, pp. 3–10. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6552-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6552-9_1)
- ASCHOFF, J. (1989): Temporal orientation: circadian clocks in animals and humans. *Animal Behaviour* 37: 881–896. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(89\)90132-2](https://doi.org/10.1016/0003-3472(89)90132-2)
- BAATRUP, E. & BAYLEY, M. (1993): Effects of the pyrethroid insecticide cypermethrin on the locomotor activity of the wolf spider *Pardosa amentata*: quantitative analysis employing computer-automated video tracking. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 26: 138–152. <https://doi.org/10.1006/eesa.1993.1046>
- BARTH, F. G. (2002): *A spider's world: senses and behavior*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 394 pp.
- BARTH, F. G. (2008): *Cupiennius* (Araneae, Ctenidae): Biology and sensory ecology of a model spider. In: WEISSENHOFER, A., HUBER, W., MAYER, V., PAMPERL, S., WEBER, A. & AUBRECHT, G. (eds): *Natural and Cultural History of the Golfo Dulce Region, Costa Rica*. Oberösterreichische Landesmuseum, Linz, Stafia 88, pp. 211–224.
- BATISTA, G. E. A. P. A., HAO, Y., KEOGH, E. & MAFRA-NETO, A. (2011): Towards automatic classification on flying insects using inexpensive sensors. In: *Machine Learning and Applications and Workshops (ICMLA)*. 10th. International Conference on Machine Learning and Applications. Honolulu, Hawaii, 2011. December 18–21. 1: 364–369. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2011.145>
- BEAULÉ, C. (2009): Aschoff's Rules. In: BINDER, M. D., HIROKAWA, N. & WINDHORST, U. (eds.): *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 190–193. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\\_383](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_383)
- BLOCH, G., BARNES, B. M., GERKEMA, M. P. & HELM, B. (2013): Animal activity around the clock with no overt circadian rhythms: patterns, mechanisms and adaptive value. *Proceedings of the Royal Society B* 280: 20130019. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0019>
- BLUMBERG, A. Y. & CROSSLEY JR, D. A. (1988): Diurnal activity of soil-surface arthropods in agroecosystems: Design for an inexpensive time-sorting pitfall trap. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 20: 159–164. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90107-7](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90107-7)

- BOGYA, S. & MARKÓ, V. (1999): Effect of pest management systems on ground-dwelling spider assemblages in an apple orchard in Hungary. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 73: 7–18. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00010-9)
- BROWN, M. W., SCHMITT, J. J. & ABRAHAM, B. J. (2003): Seasonal and diurnal dynamics of spiders (Araneae) in West Virginia orchards and the effect of orchard management on spider communities. *Environmental Entomology* 32: 830–839. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.4.830>
- BUCHHOLZ, S. (2009): Design of a time-sorting pitfall trap for surface-active arthropods. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 133: 100–103. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00902.x>
- CHAPMAN, P. A. & ARMSTRONG, G. (1997): Design and use of a time-sorting pitfall trap for predatory arthropods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 65: 15–21. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00055-8)
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. (1981): A comparison of rhythmic locomotory activity in tropical forest Arthropoda with that in desert species. *Journal of Arid Environments* 4: 327–334. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)31478-2](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(18)31478-2)
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. (1987): The biorhythms of spiders. In: NENTWIG, W. (ed.): *Ecophysiology of Spiders*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 371–379. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-71552-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-642-71552-5_28)
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L. (2000): Biological rhythms in Arachnida (excluding Acari). *Memorie della Societa Entomologica Italiana* 78: 251–273.
- CORNELISSEN, G. (2014): Cosinor-based rhythmometry. *Theoretical Biology and Medical Modelling* 11: 16. <https://doi.org/10.1186/1742-4682-11-16>
- COSTELLO, M. J. & DAANE, K. M. (2005): Day vs. night sampling for spiders in grape vineyards. *Journal of Arachnology* 33: 25–32. <https://doi.org/10.1636/H02-52>
- CUGINI, P. (1993): Chronobiology: principles and methods. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità* 29: 483–500.
- DANKS, H. V. (2003): Studying insect photoperiodism and rhythmicity: components, approaches and lessons. *European Journal of Entomology* 100: 209–221. <https://doi.org/10.14411/eje.2003.036>
- DE PRINS, J. & WALDURA, J. (1993): Sightseeing around the single cosinor. *Chronobiology International* 10: 395–400. <https://doi.org/10.3109/07420529309064493>
- DONDALE, C. D., REDNER, J. H. & SEMPLE, R. B. (1972): Diel activity periodicities in meadow arthropods. *Canadian Journal of Zoology* 50: 1155–1163. <https://doi.org/10.1139/z72-154>
- ENSING, E. P., CIUTI, S., DE WIJS, F. A. L. M., LENTFERINK, D. H., TEN HOEDT, A., BOYCE, M. S. & HUT, R. A. (2014): GPS based daily activity patterns in European red deer and North American elk (*Cervus elaphus*): indication for a weak circadian clock in ungulates. *PLoS ONE* 9: e106997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106997>
- FERNÁNDEZ, J. R., HERMIDA, R. C. & MOJÓN, A. (2009): Chronobiological analysis techniques: application to blood pressure. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 367: 431–445. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0231>
- FOELIX, R. F. (2011): *Biology of Spiders, 3<sup>rd</sup> Edition*. Oxford University Press, New York, 419 pp.
- FORREST, T. G. & SUTER, R. B. (1994): The discrete Fourier transform (DFT) in behavioural analysis. *Journal of Theoretical Biology* 166: 419–429. <https://doi.org/10.1006/jtbi.1994.1037>
- FRAMENAU, V. W. (2005): Gender specific differences in activity and home range reflect morphological dimorphism in wolf spiders (Araneae, Lycosidae). *Journal of Arachnology* 33: 334–346. <https://doi.org/10.1636/04-57.1>

- FUJII, Y. (1997): Ecological studies on wolf spiders (Araneae: Lycosidae) in a Northwest area of Kan-to plain, central Japan: diel activity and habitat preference observed by pitfall trapping. *Acta Arachnologica* 46: 5–18. <https://doi.org/10.2476/asjaa.46.5>
- GARMANY, M., MOORE, D. & JONES, T. C. (2019): Diel and circadian rhythms of locomotor activity in male *Parasteatoda tepidariorum* (Araneae: Theridiidae). *Journal of Arachnology* 47: 310–316. <https://doi.org/10.1636/0161-8202-47.3.310>
- GASNIER, T. R., DE AZEVEDO, C. S., TORRES-SANCHEZ, M. P. & HÖFER, H. (2002): Adult size of eight hunting spider species in central Amazonia: temporal variations and sexual dimorphisms. *Journal of Arachnology* 30: 146–154. [https://doi.org/10.1636/0161-8202\(2002\)030\[0146:ASOEHS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1636/0161-8202(2002)030[0146:ASOEHS]2.0.CO;2)
- GOTO, S. G. & TAKEKATA, H. (2015): Circatidal rhythm and the veiled clockwork. *Current Opinion in Insect Science* 7: 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2014.12.004>
- HALBERG, F. (1969): Chronobiology. *Annual Review of Physiology* 31: 675–726. <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.31.030169.003331>
- HARKER, J. E. (1973): Circadian rhythms in insects. In: MILLS, J. N. (ed.): *Biological aspects of circadian rhythms*. Plenum Press, London and New York, pp. 189–233. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-4565-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-4565-7_6)
- HEAD, G. (1995): Selection on fecundity and variation in the degree of sexual size dimorphism among spider species (class Araneae). *Evolution* 49: 776–781. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1995.tb02313.x>
- HEILING, A. M. (1999): Why do nocturnal orb-web spiders (Araneidae) search for light? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 46: 43–49. <https://doi.org/10.1007/s002650050590>
- HEILING, A. M. & HERBERSTEIN, M. E. (1998): Activity patterns in different developmental stages and sexes of *Larinioides sclopetarius* (Clerck) (Araneae, Araneidae). In: SELDEN, P. A. (ed.): *Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology, Edinburgh 1997*. British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks, pp. 211–214).
- HERBERSTEIN, M. E. & ELGAR, M. A. (1994): Foraging strategies of *Eriophora transmarina* and *Nephila plumipes* (Araneae: Araneioidea): Nocturnal and diurnal orb-weaving spiders. *Australian Journal of Ecology* 19: 451–457. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1994.tb00511.x>
- HOPE, P. R. & JONES, G. (2013): An entrained circadian cycle of peak activity in a population of hibernating bats. *Journal of Mammalogy* 94: 497–505. <https://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-095.1>
- HUT, R. A., KRONFELD-SCHOR, N., VAN DER VINNE, V. & DE LA IGLESIA, H. (2012): In search of a temporal niche: environmental factors. *Progress in Brain Research* 199: 281–304. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59427-3.00017-4>
- HUT, R. A., PAOLUCCI, S., DOR, R., KYRIACOU, C. P. & DAAN, S. (2013): Latitudinal clines: an evolutionary view on biological rhythms. *Proceedings of the Royal Society B* 280: 20130433. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.0433>
- HUT, R. A., PILORZ, V., BOEREMA, A. S., STRIJKSTRA, A. M. & DAAN, S. (2011): Working for food shifts nocturnal mouse activity into the day. *PLoS ONE* 6: e17527. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017527>
- INGLE, K., HORVÁTH, Á., GALLÉ-SZPISJAK, N., GELLÉRT, L., CSATA, E. & GALLÉ, R. (2018): The effects of overwintering and habitat type on body condition and locomotion of the wolf spider *Paradosa alacris*. *Acta Oecologica* 89: 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.05.002>
- JONES, T. C., AKOURY, T. S., HAUSER, C. K. & MOORE, D. (2011): Evidence of circadian rhythm in antipredator behaviour in the orb-weaving spider *Larinioides cornutus*. *Animal Behaviour* 82: 549–555. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.06.009>

- JONES, T. C., WILSON, R. J. & MOORE, D. (2018): Circadian rhythms of locomotor activity in *Metazygia wittfeldae* (Araneae: Araneidae). *Journal of Arachnology* 46: 26–30. <https://doi.org/10.1636/JoA-S-17-036.1>
- KISS, B. & SAMU, F. (2002): Comparison of autumn and winter development of two wolf spider species (*Pardosa*, Lycosidae, Araneae) having different life history patterns. *Journal of Arachnology* 30: 409–415. [https://doi.org/10.1636/0161-8202\(2002\)030\[0409:COAAWD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1636/0161-8202(2002)030[0409:COAAWD]2.0.CO;2)
- KO, C. H. & TAKAHASHI, J. S. (2006): Molecular components of the mammalian circadian clock. *Human Molecular Genetics* 15: R271–R277. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddl207>
- KOUKKARI, W. L. & SOTHERN, R. B. (2006): *Introducing biological rhythms*. Springer Science + Business Media Inc, New York, 655 pp.
- KOVOOR, J., ORTEGA-ESCOBAR, J. & MUÑOZ-CUEVAS, A. (1999): Circadian structural changes in the retina of *Lycosa tarentula* (Araneae: Lycosidae). *Biological Rhythm Research* 30: 407–423. <https://doi.org/10.1076/brhm.30.4.407.1412>
- KRÓL, A., HAJDAMOWICZ, I. & TKACZUK, C. (2018): Diel and seasonal activity of ground dwelling spiders (Araneae) in a sandy grassland habitat. *Turkish Journal of Zoology* 42: 439–448. <https://doi.org/10.3906/zoo-1802-46>
- KRONFELD-SCHOR, N. & DAYAN, T. (2003): Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 153–181. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132435>
- KRONFELD-SCHOR, N., BLOCH, G. & SCHWARTZ, W. J. (2013): Animal clocks: when science meets nature. *Proceedings of the Royal Society B* 280: 20131354. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1354>
- KRUMPALOVA, Z. & TUF, I. H. (2013): Circadian rhythms of ground living spiders: mechanisms of coexistence strategy based on the body size. *Polish Journal of Ecology* 61: 575–586.
- LAZZARI, C. R. & INSAUSTI, T. C. (2008): Circadian rhythms in insects. In: FANJUL-MOLES, M. L. & ROBLERO, R. A. (eds.): *Comparative Aspects of Circadian Rhythms*. Transworld Research Network, Trivandrum, pp. 75–92.
- LEISE, T. L. (2013): Wavelet analysis of circadian and ultradian behavioral rhythms. *Journal of Circadian Rhythms* 11: 5. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-11-5>
- LUNDGREN, J. G., NICHOLS, S., PRISCHMANN, D. A. & ELLSBURY, M. M. (2009): Seasonal and diel activity patterns of generalist predators associated with *Diabrotica virgifera* immatures (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biocontrol Science and Technology* 19: 327–333. <https://doi.org/10.1080/09583150802696533>
- MALONEY, D., DRUMMOND, F. A. & ALFORD, R. (2003): *TB190: Spider predation in agroecosystems: can spiders effectively control pest populations?*. Maine Agricultural and Forest Experiment Station, The University of Maine, Orono, 32 pp.
- MAMMOLA, S., MICHALIK, P., HEBETS, E. A., & ISAIA, M. (2017): Record breaking achievements by spiders and the scientists who study them. *PeerJ* 5: e3972. <https://doi.org/10.7717/peerj.3972>
- MARC, P. (1991): Interspecific and intraspecific interactions between spider species from apple orchards. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles* 116: 177–184.
- MARC, P., CANARD, A. & YSNEL, F. (1999): Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 229–273. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00038-9)
- MARLER, M. R., GEHRMAN, P., MARTIN, J. L. & ANCOLI-ISRAEL, S. (2006): The sigmoidally transformed cosine curve: a mathematical model for circadian rhythms with symmetric non-sinusoidal shapes. *Statistics in Medicine* 25: 3893–3904. <https://doi.org/10.1002/sim.2466>



- MARSHALL, S. D., PAVUK, D. M. & RYPSTRA, A. L. (2002): A comparative study of phenology and daily activity patterns in the wolf spiders *Pardosa milvina* and *Hogna helluo* in soybean agroecosystems in southwestern Ohio (Araneae, Lycosidae). *Journal of Arachnology* 30: 503–510. [https://doi.org/10.1636/0161-8202\(2002\)030\[0503:ACSOPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1636/0161-8202(2002)030[0503:ACSOPA]2.0.CO;2)
- MCGREGOR, A. P., HILBRANT, M., PECHMANN, M., SCHWAGER, E. E., PRPIC, N. M. & DAMEN, W. G. M. (2008): *Cupiennius salei* and *Achaearanea tepidariorum*: spider models for investigating evolution and development. *BioEssays* 30: 487–498. <https://doi.org/10.1002/bies.20744>
- MCQUEEN, D. J. & CULIK, B. (1981): Field and laboratory activity patterns in the burrowing wolf spider *Geolycosa domifex* (Hancock). *Canadian Journal of Zoology* 59: 1263–1271. <https://doi.org/10.1139/z81-178>
- MENEGAZZI, P., VANIN, S., YOSHII, T., RIEGER, D., HERMANN, C., DUSIK, V., KYRIACOU, C. P., HELFRICH-FÖRSTER, C. & COSTA, R. (2013): *Drosophila* clock neurons under natural conditions. *Journal of Biological Rhythms* 28: 3–14. <https://doi.org/10.1177/0748730412471303>
- MESTRE, L., GARCIA, N., BARRIENTOS, J. A., ESPADALER, X. & PIÑOL, J. (2013): Bird predation affects diurnal and nocturnal web-building spiders in a Mediterranean citrus grove. *Acta Oecologica* 47: 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.01.001>
- MEZŐFI, L., MARKÓ, G., KOVÁCS, P. & MARKÓ, V. (2019): Circadian rhythms in the locomotor activity of the spiders *Carrhotus xanthogramma* (Salticidae) and *Philodromus cespitum* (Philodromidae): Temporal patterns and sexual differences. *European Journal of Entomology* 116: 158–172. <https://doi.org/10.14411/eje.2019.017>
- MEZŐFI, L., MARKÓ, G., NAGY, Cs., KORÁNYI, D. & MARKÓ, V. (2020): Beyond polyphagy and opportunism: natural prey of hunting spiders in the canopy of apple trees. *PeerJ* 8: e9334. <https://doi.org/10.7717/peerj.9334>
- MILLS, J. N. (ed.) (1973): *Biological aspects of circadian rhythms*. Plenum Press, London and New York, 319 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-4565-7>
- MINORS, D. S. & WATERHOUSE, J. M. (1986): Circadian rhythms and their mechanisms. *Experientia* 42: 1–13. <https://doi.org/10.1007/BF01975875>
- MINORS, D. S. & WATERHOUSE, J. M. (1988): Mathematical and statistical analysis of circadian rhythms. *Psychoneuroendocrinology* 13: 443–464. [https://doi.org/10.1016/0306-4530\(88\)90030-3](https://doi.org/10.1016/0306-4530(88)90030-3)
- MOORE, D., WATTS, J. C., HERRIG, A. & JONES, T. C. (2016): Exceptionally short-period circadian clock in *Cyclosa turbinata*: regulation of locomotor and web-building behavior in an orb-weaving spider. *Journal of Arachnology* 44: 388–396. <https://doi.org/10.1636/JoA-S-16-014.1>
- MORSE, D. H. (1981): Prey capture by the crab spider *Misumena vatia* (Clerck) (Thomisidae) on three common native flowers. *American Midland Naturalist* 105: 358–367. <https://doi.org/10.2307/2424754>
- MROSOVSKY, N. (1996): Locomotor activity and non-photic influences on circadian clocks. *Biological Reviews* 71: 343–372. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1996.tb01278.x>
- MROSOVSKY, N. (1999): Masking: history, definitions, and measurement. *Chronobiology International* 16: 415–429. <https://doi.org/10.3109/07420529908998717>
- MUÑOZ-CUEVAS, A., CARRICABURU, P. & KOVOOR, J. (1998): Comparative electroretinography of *Peucetia gerhardi* and *Peucetia graminea* (Araneae: Oxyopidae). In: SELDEN, P. A. (ed.): *Proceedings of the 17<sup>th</sup> European Colloquium of Arachnology, Edinburgh 1997*. British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks, pp. 143–150.

- NAITOH, P., ENGLUND, C. E. & RYMAN, D. H. (1985): Circadian rhythms determined by cosine curve fitting: Analysis of continuous work and sleep-loss data. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* 17: 630–641. <https://doi.org/10.3758/BF03200975>
- NAKAMURA, T. & YAMASHITA, S. (1997): Phototactic behavior of nocturnal and diurnal spiders: negative and positive phototaxes. *Zoological Science* 14: 199–203. <https://doi.org/10.2108/zsj.14.199>
- NØRGAARD, T., HENSCHER, J. R. & WEHNER, R. (2006): The night-time temporal window of locomotor activity in the Namib Desert long-distance wandering spider, *Leucorchestris arenicola*. *Journal of Comparative Physiology A* 192: 365–372. <https://doi.org/10.1007/s00359-005-0072-7>
- ORTEGA-ESCOBAR, J. (2002): Circadian rhythms of locomotor activity in *Lycosa tarentula* (Araneae, Lycosidae) and the pathways of ocular entrainment. *Biological Rhythm Research* 33: 561–576. <https://doi.org/10.1076/brhm.33.5.561.13934>
- ORTEGA, J., RUIZ, M. & FERNANDEZ-MONTRAVETA, C. (1992): Daily patterns of locomotor activity in a lycosid spider. *Biological Rhythm Research* 23: 295–301. <https://doi.org/10.1080/09291019209360188>
- OSAKI, S. & OSAKI, M. (2011): Evolution of spiders from nocturnal to diurnal gave spider silks mechanical resistance against UV irradiation. *Polymer Journal* 43: 200–204. <https://doi.org/10.1038/pj.2010.119>
- PEKÁR, S. & BENEŠ, J. (2008): Aged pesticide residues are detrimental to agrobiont spiders (Araneae). *Journal of Applied Entomology* 132: 614–622. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01294.x>
- PEKÁR, S. & JARAB, M. (2011): Life-history constraints in inaccurate Batesian myrmecomorphic spiders (Araneae: Corinnidae, Gnaphosidae). *European Journal of Entomology* 108: 255–260. <https://doi.org/10.14411/eje.2011.034>
- PEWSEY, A., NEUHÄUSER, M. & RUXTON, G. D. (2013): *Circular statistics in R*. Oxford University Press, Oxford, 183 pp.
- PFANNENSTIEL, R. S. & YEARGAN, K. V. (2002): Identification and diel activity patterns of predators attacking *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in soybean and sweet corn. *Environmental Entomology* 31: 232–241. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.2.232>
- PITTENDRIGH, C. S. (1960): Circadian rhythms and the circadian organization of living systems. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 25: 159–184. <https://doi.org/10.1101/SQB.1960.025.01.015>
- PITTENDRIGH, C. S. (1981): Circadian systems: entrainment. In: ASCHOFF, J. (ed.): *Biological Rhythms*. Plenum Press, New York, pp. 95–124. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6552-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6552-9_7)
- PRÓSZYNSKI, J. & LUBIN, Y. (1993): Pitfall trapping of Salticidae (Araneae) in the Negev Desert. *Bollettino delle sedute della Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania* 26: 281–291.
- RÁDAI, Z., KISS, B. & BARTA, Z. (2017): Pace of life and behaviour: rapid development is linked with increased activity and voracity in the wolf spider *Pardosa agrestis*. *Animal Behaviour* 126: 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.02.004>
- RANGANATHAN, Y., GHARA, M. & BORGES, R. M. (2010): Temporal associations in fig–wasp–ant interactions: diel and phenological patterns. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 137: 50–61. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.01038.x>
- REFINETTI, R. (1991): An extremely simple procedure for the analysis of circadian and estrous periodicity. *Physiology & Behavior* 50: 655–659. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(91\)90563-4](https://doi.org/10.1016/0031-9384(91)90563-4)
- REFINETTI, R. (1993): Laboratory instrumentation and computing: comparison of six methods for the determination of the period of circadian rhythms. *Physiology & Behavior* 54: 869–875. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(93\)90294-P](https://doi.org/10.1016/0031-9384(93)90294-P)

- REFINETTI, R. (2016): *Circadian physiology, 3<sup>rd</sup> Edition*. CRC press, Boca Raton, 714 pp. <https://doi.org/10.1201/9781420039016>
- REFINETTI, R., CORNÉLISSEN, G. & HALBERG, F. (2007): Procedures for numerical analysis of circadian rhythms. *Biological Rhythm Research* 38: 275–325. <https://doi.org/10.1080/09291010600903692>
- RUF, T. (1999): The Lomb-Scargle periodogram in biological rhythm research: analysis of incomplete and unequally spaced time-series. *Biological Rhythm Research* 30: 178–201. <https://doi.org/10.1076/brhm.30.2.178.1422>
- SAKURA, K. & NUMATA, H. (2017): Contact with water functions as a Zeitgeber for the circatidal rhythm in the mangrove cricket *Apteronomobius asahinai*. *Biological Rhythm Research* 48: 887–895. <https://doi.org/10.1080/09291016.2017.1319639>
- SALVESTRINI, F. M. D. & GASNIER, T. R. (2001): Differences in the activity of juveniles, females and males of two hunting spiders of the genus *Ctenus* (Araneae, Ctenidae): active males or inactive females? *Journal of Arachnology* 29: 276–278. [https://doi.org/10.1636/0161-8202\(2001\)029\[0276:SCDITA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1636/0161-8202(2001)029[0276:SCDITA]2.0.CO;2)
- SAUNDERS, D. S. (2012): Insect photoperiodism: seeing the light. *Physiological Entomology* 37: 207–218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2012.00837.x>
- SAUNDERS, D. S., STEEL, C. G. H., VAFPOULOU, X. & LEWIS, R. D. (2002): *Insect Clocks, 3<sup>rd</sup> Edition*. Elsevier, Amsterdam, 560 pp.
- SCHMITT, A., SCHUSTER, M. & BARTH, F. G. (1990): Daily locomotor activity patterns in three species of *Cupiennius* (Araneae, Ctenidae): The males are the wandering spiders. *Journal of Arachnology* 18: 249–255.
- SCHMITZ, A. (2004): Metabolic rates during rest and activity in differently tracheated spiders (Arachnida, Araneae): *Pardosa lugubris* (Lycosidae) and *Marpissa muscosa* (Salticidae). *Journal of Comparative Physiology B* 174: 519–526. <https://doi.org/10.1007/s00360-004-0440-6>
- SEYFARTH, E. A. (1980): Daily patterns of locomotor activity in a wandering spider. *Physiological Entomology* 5: 199–206. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1980.tb00227.x>
- SIH, A., ZIEMBA, R. & HARDING, K. C. (2000): New insights on how temporal variation in predation risk shapes prey behavior. *Trends in Ecology & Evolution* 15: 3–4. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01766-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01766-8)
- SORIANO-MORALES, S., CABALLERO-HERNÁNDEZ, O., DÁVILA-MONTES, M., MORALES-MALACARA, J. B. & MIRANDA-ANAYA, M. (2013): Circadian locomotor activity and entrainment by light cycles in cave spiders (Dipluridae and Ctenidae) at the cave Los Riscos, Qro. México. *Biological Rhythm Research* 44: 949–955. <https://doi.org/10.1080/09291016.2013.781330>
- STEPHAN, F. K. (2002): The “other” circadian system: food as a Zeitgeber. *Journal of Biological Rhythms* 17: 284–292. <https://doi.org/10.1177/074873002129002591>
- SULLIVAN, H. L. & MORSE, D. H. (2004): The movement and activity patterns of similar-sized adult and juvenile crab spiders *Misumena vatia* (Araneae, Thomisidae). *Journal of Arachnology* 32: 276–283. <https://doi.org/10.1636/S03-5>
- SUTER, R. B. (1993): Circadian rhythmicity and other patterns of spontaneous motor activity in *Frontinella pyramitela* (Linyphiidae) and *Argyrodes trigonum* (Theridiidae). *Journal of Arachnology* 21: 6–22.
- SUTER, R. B. & BENSON, K. (2014): Nocturnal, diurnal, crepuscular: activity assessments of Pisauridae and Lycosidae. *Journal of Arachnology* 42: 178–191. <https://doi.org/10.1636/J13-66.1>
- SZINETÁR, C. (2000): Data on the biology of *Larinia jeskovi* Marusik, 1986 (Araneae: Araneidae) from the reed belts of Lake Balaton. *Ekológia (Bratislava)* 19: 105–110.

- SZINETÁR, C. & EICHARDT, J. (2004): *Larinia* species (Araneidae, Araneae) in Hungary. Morphology, phenology and habitats of *Larinia jeskovi* Marusik, 1986, *Larinia elegans* Spassky, 1939, and *Larinia bonneti* Spassky, 1939. In: F. SAMU & C. SZINETÁR (eds): *European Arachnology*. Akaprint Kft., Budapest, pp. 179–186.
- TATTERSALL, I. (1987): Cathemeral activity in primates: a definition. *Folia Primatologica* 49: 200–202. <https://doi.org/10.1159/000156323>
- TIETJEN, W. J. & CADY, A. B. (2007): Sublethal exposure to a neurotoxic pesticide affects activity rhythms and patterns of four spider species. *Journal of Arachnology* 35: 396–406. <https://doi.org/10.1636/S04-62.1>
- TOPPING, C. J. & SUNDERLAND, K. D. (1992): Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology* 29: 485–491. <https://doi.org/10.2307/2404516>
- TORK P. (2018): *Temporal behavior in jumping spiders (Araneae, Salticidae)*. PhD Thesis. University of Canterbury, Christchurch, 142 pp.
- UETZ, G. W. & UNZICKER, J. D. (1976): Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. *Journal of Arachnology* 3: 101–111.
- UETZ, G. W., HIEBER, C. S., JAKOB, E. M., WILCOX, R. S., KROEGER, D., MCCRATE, A. & MOSTROM, A. M. (1994): Behavior of colonial orb-weaving spiders during a solar eclipse. *Ethology* 96: 24–32. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1994.tb00878.x>
- USNO. (2018): Rise, set, and twilight definitions. United States Naval Observatory (USNO) Astronomical Applications Department. [http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/RST\\_defs.php](http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/RST_defs.php) (megtekintés 2018. jan. 24.)
- VANIN, S., BHUTANI, S., MONTELLI, S., MENEGAZZI, P., GREEN, E. W., PEGORARO, M., SANDRELLI, F., COSTA, R. & KYRIACOU, C. P. (2012): Unexpected features of *Drosophila* circadian behavioural rhythms under natural conditions. *Nature* 484: 371–375. <https://doi.org/10.1038/nature10991>
- VETTER, R. S., PENAS, L. M. & HODDLE, M. S. (2017): Effect of seasonal photoperiod on molting in *Loxosceles reclusa* and *Loxosceles laeta* spiders (Araneae: Sicariidae). *Journal of Arachnology* 45: 277–282. <https://doi.org/10.1636/JoA-S-16-043.1>
- WALKER, S. E., MARSHALL, S. D., RYPSTRA, A. L. & TAYLOR, D. H. (1999): The effects of hunger on locomotory behaviour in two species of wolf spider (Araneae, Lycosidae). *Animal Behaviour* 58: 515–520. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1180>
- WARD, D. & LUBIN, Y. (1992): Temporal and spatial segregation of web-building in a community of orb-weaving spiders. *Journal of Arachnology* 20: 73–87.
- WATTS, J. C., ROSS, C. R. & JONES, T. C. (2015): Diel and life-history characteristics of personality: consistency versus flexibility in relation to ecological change. *Animal Behaviour* 101: 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.12.020>
- WELCH, K. D. & HARWOOD, J. D. (2014): Temporal dynamics of natural enemy–pest interactions in a changing environment. *Biological Control* 75: 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.01.004>
- WCISLO, W. T. & TIERNEY, S. M. (2009): Behavioural environments and niche construction: the evolution of dim-light foraging in bees. *Biological Reviews* 84: 19–37. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00059.x>
- WOLF, E. (2011): Diel periodicity in activity and location in the web of the common house spider (*Achaearanea tepidariorum*). East Tennessee State University, Undergraduate Honors Thesis Series, Paper 13. <http://dc.etsu.edu/honors/13> (megtekintés 2020. jan. 30.)

- XIMENEZ-EMBUN, M. G., ZAVIEZO, T. & GREZ, A. (2014): Seasonal, spatial and diel partitioning of *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) predators and predation in alfalfa fields. *Biological Control* 69: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.10.012>
- YAMASHITA, S. (2002): Efferent innervation of photoreceptors in spiders. *Microscopy Research and Technique* 58: 356–364. <https://doi.org/10.1002/jemt.10143>
- YAMASHITA, S. & NAKAMURA, T. (1999): Circadian oscillation of sensitivity of spider eyes: diurnal and nocturnal spiders. *Journal of Experimental Biology* 202: 2539–2542. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(99\)90554-8](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(99)90554-8)
- ZUREK, D. B., CRONIN, T. W., TAYLOR, L. A., BYRNE, K., SULLIVAN, M. L. G. & MOREHOUSE, N. I. (2015): Spectral filtering enables trichromatic vision in colorful jumping spiders. *Current Biology* 25: R403–R404. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.03.033>

## **Current knowledge of circadian rhythms in spiders (Araneae) – Ecological aspects, methods in research and data analysis techniques**

**LÁSZLÓ MEZŐFI**

Plant Protection Institute, Szent István University, Ménesi út 44, H-1118 Budapest, Hungary  
E-mail: *mezofilaszlo@gmail.com*

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2020) **105**(1–2): 115–141.

**Abstract.** This chronobiological ‘crash-course’ introduces the reader to the hidden world of biological rhythm research. Firstly, we review the major rules and technical terms of this discipline and we discuss the ecological aspects and types of adaptation to different temporal niches in animals. Then through the example of spiders (Araneae) we show in more detail what is known about the activity rhythms and diel activity of this group, and how these rhythms can be studied in the laboratory or under natural conditions. Finally, we briefly survey which methods/data analysis techniques can be used for proper evaluation of various biological rhythms.

**Keywords:** chronobiology, diel rhythm, locomotor activity, review, terminology.

**Accepted:** 13.06.2020

**Published online:** 25.06.2020



## Az Állattani Szakosztály ülései (2019. december 4. – 2020. február 5.)

TÓTH BALÁZS\*

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross u. 13.  
E-mail: toth.balazs@nhmus.hu

Az előadásokról videófelvételek készülnek, amelyek szerkesztés után felkerülnek a Szakosztály nyilvános YouTube-csatornájára. Ennek megfelelően a levezető elnök minden előadóülés elején bejelenti, hogy az előadások a továbbiakban videokamerával rögzítésre kerülnek, és a felvételeken történő megjelenést a hallgatóság tagjai az ülésen történő további részvétellel vállalják. A felvételek rögzítését, szerkesztését és feltöltését SÜLYÁN PÉTER végzi, akinek ezúton is köszönetemet fejezem ki, mert munkájával nagymértékben megkönnyítette jelen összefoglaló elkészítését.

### 1053. előadóülés, 2019. december 4-én

Az ülés levezető elnöke ezúttal SZÖVÉNYI GERGELY, a Szakosztály titkára volt. Nyitányként elmondta, hogy éppen az előadóülés napján száz évvel ezelőtt hunyt el id. ENTZ GÉZA, a Szakosztály alapító alelnöke. Haláláig számos előadást tartott a Szakosztályban. Néhány évig a kolozsvári egyetem, és néhány évig a budapesti Műegyetem rektora is volt.

1. KORSÓS ZOLTÁN: *250 éve született ALEXANDER VON HUMBOLDT természettudós.*

HUMBOLDT első magyar nyelven megjelent műve „*Az Orinoco vadonában*” című könyve volt. Előadó gyermekként jutott hozzá; ekkor még azt gondolta, milyen jó lehetett HUMBOLDT korában élni, mert rengeteg új felfedezést lehetett tenni. Később belátta, hogy egy nagy felfedezőre számos kevésbé sikeres pályatárs jutott, sőt a felfedezők életét számos veszély fenyegette útjaikon. HUMBOLDT nem kapott szeretetet édesanyjától, de próbált megfelelni elvárásainak. Az ő halála után nem sokkal indult el amerikai útjára, melyet örökségéből finanszírozott. Élete utolsó harmadában Oroszországba tett hosszú felfedezőutat, majd 1859-ben halt meg, vagyis halálának is kerek évfordulója van. Amerikai útja öt éven át tartott, ennek vége felé az Egyesült Államokban előadásokat tartott az út korábbi állomásairól. Több tízezer gyűjteményi tárgyat (és egy indián kalauzt) hozott haza. Megmászta a Chimborazo hegyet, az itt szerzett tapasztalatok is segítettek felismerni a tengerszint feletti magassággal változó növényzeti övezetességet. Az ő munkássága fektette le a biogeográfia alapjait is. HUMBOLDT nem gyarmatosítási szándékkal, hanem az ismeretszerzés vágyától hajtva utazott. Hatalmas mennyiségű megfigyelést rögzített, összefüggések későbbi felfedezése céljából. Műszerparkja több lánányi terjedelmű volt. Ötvenezer levelet írt négy

---

\* Az Állattani Szakosztály jegyzője



nyelven, GOETHE és SCHILLER is levelezőtársa volt. DARWIN és HAECKEL is HUMBOLDT naplóját olvasva kaptak kedvet a világ felfedezéséhez. A környezetvédelem nála jelent meg először: a gyarmatosítók természetpusztítását megfigyelte, dokumentálta, sőt arra is felhívta a figyelmet, hogy a természetes növényzet eltávolítása befolyásolhatja a klímát. Tudományos „sztár” volt: előadásai és közleményei olyan nyelvezettel készültek, amely népszerűvé tette őt – életének ez a vetülete mára feledésbe merült. Legjelentősebb eredménye a Kozmosz című műve, mely már halála után jelent meg. Megpróbálta teljeskörűen leírni Földünket a fizikai jellemzőitől az élővilágáig. Számos fajt neveztek el róla, de számos felszínforma (és egy áramlat, valamint egy holdi kráter) is nevét viseli. A Magyar Nemzeti Múzeum kertjében emlékköve van.

## 2. KULI-RÉVÉSZ KITTI: *Legeltetés kizárás hatása ízeltlábúakra.*

Előadó első alkalommal tartott előadást a Szakosztályban. Diplomamunkája témáját mutatta be, amelyet a biodiverzitás megőrzése inspirált. Gyepes területeken extenzív kaszálással vagy legeltetéssel lehet fenntartani a diverzitást. Hipotézise szerint a legeltetés csökkenti az ízeltlábúak egyedszámát, de e csökkenés mértéke a talajközelen élő fajoknál kisebb, mint a vegetációban élőknél. Továbbá a különböző vegetációtípusok is hatással lehetnek a vizsgált taxonokra. Vizsgálatukat a Csanádi-pusztákon végezték, szikes réten és ürmöspusztán. Összesen 12 db félhektáros területet jelöltek ki, melyekben fűhálóztak és talajcsapdákat telepítettek. Közel 5000 pókegyedet gyűjtöttek talajcsapdával, rájuk elsősorban a vegetációtípusok eltérése volt nagy hatással: a szikes réten magasabb volt a faj- és egyedszám, mint az ürmöspusztán. A legeltetésnek – munkahipotézisükkel összhangban – nem volt szignifikáns hatása. A fűhálózott anyagban a poloskákat kutatták. Ennél a csoportnál a legeltetésnek szignifikáns hatása volt: a nem legeltetett területeken magasabb volt a faj- és az egyedszám, mint a legelés alá vont foltokban. A vegetációnak viszont csak majdnem szignifikáns hatását észlelték, valószínűleg azért, mert az ebből eredő különbségeket a kezelés hatása felülírta. A fajösszetétel eltért a kétféle társulásban. Összefoglalva az eredményeket megállapítható, hogy a különböző mikroélőhelyeken honos ízeltlábúak máshogy reagálnak a legeltetésre: a vegetációban élő poloskák diverzitását valóban jobban befolyásolta, mint a talajlakó pókokét; utóbbiakra a növényzet fajösszetétele volt nagyobb hatással. HORNUNG ERZSÉBET az előadás után megkérdezte, hogy a pókokra lehetett-e hatással a kétféle társulás eltérő zsákmányállat-kínálata. Előadó szerint lehetséges, jó felvétel, érdemes lenne kutatni. SZÖVÉNYI GERGELY: Minden egyes poloska-egyedet meghatároztak, vagy csak a fűhálós anyagban lévő példányokat? A pókok közül csak a talajcsapdázott példányokat vették figyelembe? KULI-RÉVÉSZ KITTI: A poloskákat csak a fűhálós, a pókokat csak a talajcsapdás anyagból vették be ebbe a vizsgálatba, habár minden anyagot eltároltak; határozásuk jelenleg is folyik. HERCZEG GÁBOR: Mi alapján helyezték el a mintavételi pontokat és sávokat az egyes területeken belül? KULI-RÉVÉSZ KITTI: Fő szempont volt, hogy legyen a lehatárolt területen belül és kívül, ill. a szegély mentén, annak külső és belső oldalán. GALLÉ RÓBERT kiegészítése: A határon történő átmozgások hatását is ki szertették volna mutatni, ezért a szegélytől lehető legtávolabb is jelöltek ki mintavételi pontot. HERCZEG GÁBOR: Inkább arra gondolt, hogy a talajcsapdák nem fedik le a terület nagy részét, nem tűnik reprezentatívnak a mintavétel. Másik kérdése: A begyűjtött anyag teljes (összes taxont magába foglaló) diverzitását tervezik összehasonlítani? KULI-RÉVÉSZ KITTI: Igen, de ez a jövő feladata lesz. SZÓCS GÁBOR: Hány évig mentek a kísérletek? KULI-RÉVÉSZ KITTI: Egy éven át folytak. SZÓCS GÁBOR: Hosszabb időn át hogyan befolyásolhat-

ja a legeltetés elmaradása a diverzitást, mit várnak? KULI-RÉVÉSZ KITTI: Mérsékelt zavarás növeli, de a teljes elmaradás csökkenteni fogja a diverzitást.

3. GALLÉ RÓBERT: *Az élőhelytípus és a táji mátrix jelentősen befolyásolják a pókközösségek fajösszetételét és béta diverzitását.*

Az alfa-diverzitás egy közösségen belüli diverzitást jelent, legegyszerűbb mérőszáma az adott élőhelyen előforduló fajok száma. A gamma-diverzitás a teljes régió diverzitása, az összes közösség teljes fajkészlete. A béta-diverzitás azt mutatja meg, hogy a különböző közösségek diverzitása egymáshoz képest hogyan alakul; talán legegyszerűbben az alfa- és gamma-diverzitás mérőszámának hányadosával definiálható. Fő komponensei a beágyazottság (közös fajok) és a fajkicserelődés (eltérő fajok). Vizsgálatukat a Kiskunságban, homoki erdőssztyepp-foltokon végezték: nyílt homokpusztában kisebb-nagyobb erdőfoltok vannak. A foltok mérete nagyon erősen lecsökkent, ezeket ma faültvények veszik körül. Összesen 18 foltot vizsgáltak: a gyepből, az erdőből és a környező faültvényből egyaránt gyűjtöttek. Kérdéseik: A gyep elkülönül-e az erdőtől, ill. az ültvény elkülönül-e az erdőtől a pókfauna tekintetében? Kb. 5600 pókegyedet gyűjtöttek, mindenhol szignifikáns különbséget találtak az egyes élőhelyek között. Az erdőben alacsonyabb, a gyepeken magasabb a fajkicserelődés hatása, vagyis a gyepek igen izoláltak. A vegetációt és a hangyákat is vizsgálták, ugyanilyen eredményeket kaptak. A táj minőségének hatását is vizsgálták, ezeket természetességük szerint osztályozták. Azt találták, hogy a gyepeken volt a legkevesebb faj. Ezek mikroklimája ugyanis eltér a környező fás élőhelyektől, amelyekben generalista erdőlakó pókok megtalálják életfeltételeiket, míg a gyepeken csak szűkebb tűrésű specialista fajok élnek. A táj minőségének szignifikáns hatása van a diverzitásra. Összefoglalva: az erdőssztyepp foltoknak egyedi pókfaunája van, melyeket még igen kis területi kiterjedésű foltok is képesek megőrizni. A gyepek pókjai izoláltabbak, mint a fás vegetációé, és diverzitásuk alacsonyabb, mint a fenyveseké. A megmaradt erdőssztyepp foltokat veszélyezteti a járművek általi taposás, beszántás, túllegetetés, a környező faültvények tájidegensége (pl. aljnövényzet teljes hiánya). SZÖVÉNYI GERGELY: Milyen időtávban zajlott a vizsgálat? GALLÉ RÓBERT: Egy éven át folyt. SZÖVÉNYI GERGELY: Mióta izoláltak ezek az erdőssztyepp foltok? Milyen volt régebben a köztük lévő vegetáció? GALLÉ RÓBERT: Nagyjából 50–80 éve izoláltak, azóta a méretük csökken. A fenyőültvények gyakran felnyílnak, ilyenkor a gypsintet visszafoglalhatja az eredeti vegetáció. Így dinamikus rendszerként lehet felfogni. SZÖVÉNYI GERGELY: Vannak olyan pókfajok, amelyek csak az igazán régi gyepfoltokban tudnak fennmaradni? GALLÉ RÓBERT: Néhány ilyen unikális faj létezik, de a vizsgált foltokban kevesebb van belőlük, mint más, nem vizsgált területeken. Találtak egy valószínűleg még leiratlan fajt is. SZÖVÉNYI GERGELY: Van esély a területek megőrzésére? GALLÉ RÓBERT: Jelentős részük erdőtagban található, a bolygatás mellőzésével megőrizhetők. HORNUNG ERZSÉBET: A pókok felosztása generalistákra és specialistákra a habitatra vonatkozik? Elkészült-e a pókfajokra ez a beosztás? Az ászkák egy részére igen. GALLÉ RÓBERT: Jelenleg még nem lehet besorolni az összes pókfajt, lassan gyűlnek ehhez az ismeretek, sokkal több információra lenne szükség.

4. BORBÁS MÁTÉ, PUSKÁS GELLÉRT és SZÖVÉNYI GERGELY: *Az Alsó Neretva-völgy és környékének (Dél-Hercegovina) Orthoptera faunája és annak természetvédelmi értékelése.*

Napjaink biodiverzitás-krízisének idején nagyon fontos adatokat gyűjteni a fajok elterjedéséről, élőhelyéről ahhoz, hogy természetvédelmi intézkedéseket hozhassunk megőrzésükre. Az Orthoptera rend diverz, jó indikátor, fajaik jól detektálhatók, így feltáró kutatások

jó alanya lehet. 2016-ban elkészült az IUCN vörös listája az európai egyenesszárnyúakra. Legtöbb endemikus fajuk a Balkán-félszigeten honos, ezek 40%-a védelmi beavatkozást igényel. Bosznia-Hercegovina tagolt felszínű ország, délről mediterrán hatás éri, de faunája alig feltárt. Komplex terepi mintavételezést terveztek végezni, minden egyenesszárnyú fajra kiterjedően. Mintavételi területük Mostar-tól délre helyezkedik el, főleg síkvidéki területen. Fűhálóztak, egyeltek, akusztikusan észleltek és éjszaka lámpával kerestek. Adataikat és a korábbi irodalmi adatokat térinformatikai adatbázisba rendezték. Negyven mintavételi helyet jelöltek ki, a Google Earth program műholdképei alapján. Minél változatosabb élőhelyeket igyekeztek kijelölni. Összesen 680 adatot gyűjtöttek. Az irodalmi adatokat kritikai értékelésnek vetették alá, bizonyos fajokat törölni kellett a fajlistából, és követni kellett az időközben megváltozott taxonómiai viszonyokat. Összesen 28 fajt mutattak ki újként a területről, ezek közül három új az ország faunájára. Két fajnak számos előfordulását találták, így át lehet sorolni kisebb veszélyeztetettségű kategóriába. Különösen értékes élőhely volt egy mocsaras terület a csatlakozó üde rétekekkel, ill. az ország rövid tengerparti szakasza. Sok adathiányos fajhoz nyújtottak új adatokat.

SZÖVÉNYI GERGELY az előadás után lezárta az előadóülést és kellemes ünnepeket kívánt.

### 1054. előadóülés, 2020. február 5-én

Az ülést NAGY PÉTER elnök úr vezette le.

1. *Könyvbemutató*: Magyarország nagylepkéinek határozója. *Köszöntőt mond* KORSÓS ZOLTÁN, NAGY PÉTER és HERÉNYI MÁRTON.

KORSÓS ZOLTÁN (a Magyar Biológiai Társaság elnöke) szerint ez a könyv minden szempontból különlegesnek nevezhető, szerkezete formabontó: folyamatábra-szerűen működő, sok illusztrációval ellátott. Ha ez a szerkesztési mód beválik, akkor a későbbiekben a határozókönyveket ilyen formában lehet majd elkészíteni. Kisebb hibája a könyvnek, hogy a végén lévő színes táblákon az egyedi fényképek túlságosan kisméretűek. Előadó végül sok sikert kívánt a könyv szerzőjének a továbbiakhoz.

NAGY PÉTER (az Állattani Szakosztály elnöke) örült annak, hogy a szerző a Szakosztály jegyzői feladatait is ellátja, és annak is, hogy a könyv a Szent István Egyetem nyomdájában készült. Ez az új formátumú könyv lehetőséget teremt arra is, hogy egy új, zoológiai témájú könyvsorozat első tagjává válhasson. Kiemelte, hogy szép számú hallgatóság jött el, és a megjelentek életkora igen változatos – akárcsak az előadóké.

HERÉNYI MÁRTON (az Ifjúsági Szakosztály – Fiatalok Természetismereti Klubja elnöke) kiemelte, hogy a Klub terepi munkái során olyan módszereket igyekeznek használni, amelyek középiskolások, esetleg felső tagozatos általános iskolások számára könnyen használhatók. Azonban az élőlények határozása nem tartozik ezek közé: gond a kulcs szövegének értelmezése, és a végeredmény ellenőrzése. A könyv anyaga először egyes családokra írt külön-külön határozólapok formájában öltött testet. Ezeket a Klub programjain, iskolákban, állatrendszertani egyetemi gyakorlatokon tesztelték. Végül MECSNÓBER MELINDA, a Társaság ügyvezető igazgatója talált egy pályázati lehetőséget, ennek segítségével válhatott

könyv-formátumúvá az anyag. Előadó reméli, hogy a könyv hasznára lesz az oktatásnak, kutatásnak, természetformálásnak, hivatásos természetvédelemnek egyaránt.

### 2. MERKL OTTÓ: *Már megint egy lepkés könyv! Na, de milyen!*

Sok zoológus kutató pályája úgy kezdődik, hogy az első másfél-két évben az általuk kiszemelt csoportról összegyűjtött tudásuk után már úgy érzik, megírhatják életük fő művét – ennek eredménye olyan könyv, amely jobb lett volna, ha nem jelenik meg, és amely végigkíséri az adott csoport további kutatását. Ezért Előadó némi távolságtartással fogadta el a kézirat lektorálására történő felkérést, ám megnyugodott, mikor megtudta, hogy sok hosszú év munkája fekszik a könyvben, és sokat tesztelték a határozókulcsokat. Ha egy bogarászt felkérnek, hogy egy lepkés könyvből beszéljen, akkor természetesen bogarakról fog beszélni. Néhány látványos bogárfaj létezik, de 95%-uk igen apró – bezzeg a lepkék között sokkal több a látványos faj. A könyv előzményei között ABAFI-AIGNER LAJOS Magyarország lepkei című művét mindenképp említeni kell. Hosszú idő után a XXI. században jelent meg újra több hazai, színes ábrákat tartalmazó lepkés könyv. Előadó szerint egy határozókönyv attól határozó, hogy kulcsot tartalmaz, amelyben állításokra adott két-két válaszlehetőség közül kell választani. Az új könyv is így épül fel. A nagylepkékkel foglalkozik, ám ez a név a könyv értelmezésében egy eléggé széttagolt, nem egységes csoportot jelöl. A határozókulcsban nagyon hasznos, hogy rögtön a kérdés mellett van egy segítő ábra. Főleg ott jelentős ez a segítség, ahol a bogarakhoz hasonlóan kicsi és egyszínű fajok között kell különbséget tenni. Előadó kiemelte a [www.izeltlabuak.hu](http://www.izeltlabuak.hu) honlapot, mint nagy terjedelmű képanyag forrását. A tárgymutató megléte is pozitívum, mert sokszor ennek elhagyásával spórolnak a könyvkiadásban.

### 3. TÓTH BALÁZS: Magyarország nagylepkéinek határozója – *hogyan készült?*

Ennek az előadásnak a témája főleg az volt, hogy a szerző hogyan állította össze a határozókulcsokat, milyen nehézségekkel kellett megküzdenie ennek során. Előadó a Fiatalok Természetismereti Klubjának programjain találkozott egy, vízi makrogerinctelen csoportokra készített, laminált határozólappal, amely nagyon könnyen használható; ez adta az ötletet a lepkehatározó elkészítéséhez. Abban az időben még nagyon kevés lepkés könyvet lehetett találni, az internet pedig éppen elkezdett terjedni. Először a legkisebb fajszerű lepkécsaládok kulcsai készültek el, különálló lapokon, majd később az egyre fajgazdagabb családok kerültek sorra. Végül azt a kulcsot is meg kellett írni, amellyel magukat a családokat lehet meghatározni, ill. amely megmondja, ha a kiszemelt példány molylepke, és határozásával nem érdemes tovább próbálkozni. Ezt a családhatározó kulcsot csak igen nehezen vizsgálható bélyegek (pl. szárnyerezet) szerepeltetésével lehetett összeállítani. Később a lepkék rendszertana családszinten változott, így e nehezen kezelhető kulcs még el is avult. Ezért Előadó a család-alapú csoportosítást nagyrészt elvetette, és hasonló kinézetű (a rendszerben egymástól távol álló) fajokból alkotott új csoportokat. Minden csoporthoz összeírta az oda illeszthető fajok listáját, majd keresett egy-két olyan egyértelmű bélyeget, amely ezt a faj-halmazt két, nagyjából egyforma méretű csoportra osztja. Addig osztogatta a kisebb alcsoportokat ezen a módon, míg eljutott az egyes fajokhoz. Az ilyen módon elkészült újrakeresztés után hosszú időn át csak tesztelték a kulcsot egészen addig, amíg MECSNÓBER MELINDA rátalált az Agrárminisztérium pályázati lehetőségére és felajánlotta a Biológiai Társaság támogatását. Bár a pályázatot elnyerte a Társaság, a könyvkiadásban nem volt tapasztalatuk. Az A/4 méretben összeállított határozólapokat át kellett szerkeszteni A/5 formába, ami igen sokáig tartott. A szakmai lektorok szerepét a Magyar Természettudományi

Múzeum munkatársai, BÁLINT ZSOLT és RONKAY LÁSZLÓ vállalták, a nyelvi lektor MERKL OTTÓ lett. Az átformázással párhuzamosan készültek el az ábraanyag (kb. 2000 ábra) alapjául szolgáló fényképek, a szerző barátainak jelentős segítségével (a képeket aztán a szerző dolgozta fel). A tesztelés tapasztalatai alapján egészült ki a könyv több fejezettel (és kb. 1000 fényképpel), már kitolt pályázati határidőre. Végül a lektori visszajelzések alapján módosította a kéziratot, és az így kialakult anyagot adta át a szerkesztőnek. Három korrek-túra-forduló kellett ahhoz, hogy nyomdakésszé váljon a kézirat. Ám még a nyomtatás során is akadtak problémák, melyeket szerencsére sikerült éppen időben megoldani; pl. a hiba-jegyzékek nyomtatása a könyvbemutató napjának délelőttjén fejeződött be. A könyv a tervezettnél nagyobb példányszámban jelent meg, mert a Biológiai Társaság hozzájárult a nyomdaköltségekhez. A pályázati forrásból nyomtatott példányokat ingyen eljuttatták okta-tási, kutatási intézményekhez, Nemzeti Parkokhoz; a saját költségén nyomtatott példányo-kat pedig a Társaság árulja. Előadó végül köszönetet mondott mindenkinek, aki segítette a könyv elkészülését. Az előadás után MERKL OTTÓ elmondta: a legtöbb határozókulcsnak az a hibája, hogy a tárgyalt csoport rendszertani viszonyait próbálja tükrözni felépítésében. Ez viszont felesleges, mert nem ez a dolga, és csak bonyolítja a munkát. Örült, hogy a szerző idejekorán feladta ezt a szerkezetet. NAGY PÉTER szerint eredeti és előrevivő gondolat volt mintaként tekinteni a laminált terepi határozólapokra.

#### 4. SZENTIRMAI ISTVÁN és FARAGÓ ÁDÁM: *Kutatástól a szemléletformálásig: lepkevédelem az Őrségi Nemzeti Parkban.*

Az Őrségi Nemzeti Park Igazgatósága az országban egyedülálló módon sokrétűen köze-líti meg a lepkevédelem problémáját. Az Őrség lepkefaunája európai viszonylatban is ki-emelkedő: sokféle élőhely van jelen, melyek a hagyományos tájhasználat miatt nagy terüle-ten fennmaradtak. Ám veszélyeztető tényezők is vannak: erdősülés, intenzívebbé váló élőhelykezelés, fragmentáció és a klímaváltozás. A lepkék védelméhez először is informá-ciókat kell gyűjteni róluk, elsőként a területek faunájának felmérésével. A ritkább fajokat célzottan keresték. Az éjjeli fajokkal később kezdtek foglalkozni, de most már rendszeresen lámpáznak – ám még a munka elején vannak. Élőhelykezelési vizsgálatokat is végeznek, melyekből megtudták, hogy a rétek kaszálásának időzítésére hogyan reagálnak a védett fa-jok; legjobb az egyszeres, nyár végi kaszálás. Így a lepkékre szabottan lehet alakítani a ré-tek kezelését. A változások monitorozását is elindították. A cserjésedett élőhelyeket helyre-állítják. Ám az élőhelyek nagy része magánkézben van, így szemléletformálás, népszerűsítés is szükséges. Az Őrségi Lepkekaland az érdeklődők széles rétegeinek szól, itt a látogatók testközelből tanulmányozhatják a lepkéket. Lepkés társasjátékot is készített az Igazgatóság. A LepkeHáló program önkénteseknek szól, hogy segítsék felmérni Vas megye lepkevilágát; munkájuk jól kiegészíti a Nemzeti Park tevékenységét. Nekik rendszeresen szakmai napokat tartanak. NAGY PÉTER arról érdeklődött, hogy az előadásban említett lep-kés társasjátékhoz valahol hozzá lehet-e jutni. Előadó szerint kis példányszámban készült, környékbeli iskolások számára, a Nemzeti Parknál ki lehet próbálni. SZÉL GYÖZŐ: A sok, lepkéket megfogó érdeklődőnek nincs negatív hatása a rétek növényzetére (taposás) vagy magukra a lepke-egyedekre? SZENTIRMAI ISTVÁN: Valamekkora negatív hatás biztosan van, de ez eltörpül az információgyűjtés és szemléletformálás pozitív hatásai mellett. A lepkefa-jokat nem az egyes példányok megfogása, sokkal inkább az élőhelyek károsodása veszé-lyezteti. NAGY PÉTER: Észleltek-e már klímaváltozással kapcsolatos hatásokat? SZENTIRMAI ISTVÁN: Általános tendencia az élőhelyek kiszáradása, ez értékes élőhelyeket veszélyeztet.

A patakok vízszintje is csökken. Ám nehéz bizonyítani az összefüggést, és még nehezebb a változások ellen tenni. Már tűntek el nedvességet kedvelő fajok a területről.

5. SZERÉNYI GÁBOR: *Határozók a közoktatásban.*

GOETHE, aki nemcsak költőfejedelem volt, hanem a természettudományban is maradandót alkotott, egyik esszéjében azt írta: a tudomány története a tudomány maga. Előadó szerint határozókönyv az, amely legalább néhány faj azonosításához segítséget ad. Ha így tekintünk a témára, akkor már ARISZTOTELÉSZ műve is határozókönyv: felvázolja az egyes élőlénycsoportok közti hasonlóságokat és különbségeket. A középkori oktatásban még ezt a művet használták. A korszak végén megszületik a könyvnyomtatás, amely felgyorsítja az információáramlást. A reformáció is ebben az időszakban zajlik, amely új szemléletet ad az élőlények megismerésére. Magyarországon a középkorban alapítják az első iskolákat: ezek alsó, középső és felső tagozatból állnak. Utóbbi a mai középfokú oktatásnak felel meg, és ezen a szinten találkoznak természeti (fizikai, kémiai, biológiai) tárgyú ismeretekkel a diákok. A könyvnyomtatás a határozókönyvek (herbariumok, bestiariumbok) virágzását is előhozza: sok ábrával, sok nyelven köznevekkkel ellátva. Ekkoriban természettudományos egyetemi oktatás csak az orvosképzésben hozzáférhető. Sokasodnak a könyvek, végül eljutunk LINNÉHEZ. Magyarországon MÁRIA TERÉZIA idején a természettudományos oktatásban főleg határozókönyvek vannak, ekkor jelennek meg az első határozókulcsos szerkezetű művek. Ezután egészen 1980-ig csak némi összehasonlító anatómiát, de főleg fajismeretet tanítottak a magyar közoktatásban; csak attól az évtől kezdve szerepel etológia, ökológia, biokémia vagy sejtbiológia a tankönyvekben. De még mindig nem tudunk elszakadni a határozókönyvektől: segédanyagként jelenik meg ebben az évben a *Kis növényhatározó*. Az igény nagy volt az ilyen művekre, amit a *Búvár zsebkönyvek* sorozat sikere igazol. Ám még ma is kapható a *Növényismeret*, a *Kis növényhatározó* utóda. A természetben való eligazodásra még ma is megvan az igény a széles közönségben is. NAGY PÉTER az ülés zárásaként megköszönte a Magyar Természettudományi Múzeumnak, hogy a helyszínt biztosította, valamint MECSNÓBER MELINDÁNAK az ülés szervezéséért mondott köszönetet.

Az előadóülés végén lehetőség nyílt a könyv megvásárlására, melyet a szerző dedikált.



Nyomdakészre szerkesztette

DÁNYI LÁSZLÓ

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross u. 13.

Nyomdai munkálatok

Sztárstúdió Bt.

Igazgató: VÁRALJAI JÁNOS

2100 Gödöllő, Köztársaság út 45/a

Megjelent

B/5 méretben

2020. szeptember





## Content

ÁGNES SALLAI & ÁDÁM SZABÓ: Zoological books of the founding book collection of the Library and Information Centre of Hungarian Academy of Sciences .....	3
LOLA VIRÁG KISS, GERGELY BOROS, ANIKÓ SERES & PÉTER ISTVÁN NAGY: Toxic effects of nanosized metal oxides on soil animal groups of key importance – A review .....	29
LÁSZLÓ BOZÓ: The occurrence of Eurasian Siskin ( <i>Spinus spinus</i> ) in Southeast Hungary .....	59
GYULA SZABÓ, NÓRA BOROSS, LÁSZLÓ ZSOLT GARAMSZEGI, MÓNICA JABLONSKY, KATALIN KRENHARDT, MIKLÓS LACZI, GÁBOR MARKÓ, ESZTER SZÁSZ & JÁNOS TÖRÖK: Correlation between physiology and behavioural traits in a wild passerine .....	71
VIKTÓRIA PRISZCILLA HAFENSCHER, GERGELY HORVÁTH, GERGELY BALÁZS & GÁBOR HERCZEG: The effect of cave adaptation on the food preference of the common waterlouse ( <i>Asellus aquaticus</i> ) .....	85
TAMÁS CSERKÉSZ, CSABA KISS & BARNABÁS OTTLE CZ: Coexistence of prey and predator in agricultural land: diel and seasonal activity patterns of common hamster ( <i>Cricetus cricetus</i> ) and steppe polecat ( <i>Mustela eversmannii</i> ) at burrows .....	95
LÁSZLÓ MEZŐFI: Current knowledge of circadian rhythms in spiders (Araneae) – Ecological aspects, methods in research and data analysis techniques .....	115
BALÁZS TÓTH: Activity of the Zoological Section of the Hungarian Biological Society (from 4 <sup>th</sup> December 2019 till 5 <sup>th</sup> February 2020).....	143

## Tartalom

SALLAI ÁGNES és SZABÓ ÁDÁM: A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ alapító állományának állattani témájú könyvei .....	3
KISS LOLA VIRÁG, BOROS GERGELY, SERES ANIKÓ és NAGY PÉTER ISTVÁN: Nano-fémoxidok kulcsfontosságú talajállat csoportokra gyakorolt hatásainak áttekintése .....	29
BOZÓ LÁSZLÓ: A csíz ( <i>Spinus spinus</i> ) előfordulása Délkelet-Magyarországon .....	59
SZABÓ GYULA, BOROSS NÓRA, GARAMSZEGI LÁSZLÓ ZSOLT, JABLONSZKY MÓNICA, KRENHARDT KATALIN, LACZI MIKLÓS, MARKÓ GÁBOR, SZÁSZ ESZTER és TÖRÖK JÁNOS: Viselkedési és fiziológiai változók kapcsolata egy vadon élő énekesmadárfajnál .....	71
HAFENSCHER VIKTÓRIA PRISCILLA, HORVÁTH GERGELY, BALÁZS GERGELY és HERCZEG GÁBOR: A barlangi adaptáció hatása közönséges víziászka ( <i>Asellus aquaticus</i> ) táplálékpreferenciájára .....	85
CSEKÉSZ TAMÁS, KISS CSABA és OTTLE CZ BARNABÁS: Zsákmány és ragadozó együttélése agrárkörnyezetben: a mezei hörcsög ( <i>Cricetus cricetus</i> ) és a molnárögörény ( <i>Mustela eversmanii</i> ) napi és szezonális aktivitásmintázata kotorékoknál .....	95
MEZŐFI LÁSZLÓ: Mit tudunk a pókok (Araneae) cirkadián ritmusairól? – Ökológiai vonatkozások, vizsgálati módszerek és adatelemzési eljárások .....	115
TÓTH BALÁZS: Az Állattani Szakosztály ülései (2019. december 4. – 2020. február 5.) .....	143